



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben


Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee







Ausbau Eisenbahnachse München-Verona  
**BRENNER BASISTUNNEL**  
Ausführungsplanung


Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona  
**GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
Progettazione esecutiva

<b>D0700: Baulos Mauls 2-3</b>	<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>
<b>Projekteinheit</b>	<b>WBS</b>
Haupttunnel	Gallerie principali
<b>Dokumentenart</b>	<b>Tipo Documento</b>
Statische Berechnung	Calcolo statico
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
Statische Berechnung GL-T2/T3	Relazione di calcolo GL-T2/T3

 <b>RTI 4P</b> Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>via Pio Iler S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel. +39 026767911, Fax +39 0287152612</small>	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
--	--

<b>Mandataria</b>  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b>  PÖYRY	<b>Mandante</b>  pini swiss engineers	<b>Mandante</b>  PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.
Fachplaner / il progettista specialista Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	<b>Datum / Data</b>	<b>Name / Nome</b>	<b>Gesellschaft / Società</b>
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Moja	Pro Iter
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Rivoltini	Pro Iter

 <b>BBT</b> Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	<b>Name / Nome</b> R. Zurlo	<b>Name / Nome</b> K. Bergmeister
--	--------------------------------	--------------------------------------

Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera	von / da 46.7+69 bis / a 47.2+59 bei / al	Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala	-
---	---	--------------------------------------	---	-----------------------------------	------------------	---

Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H61	OP	095	KST	D0700	21028	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Modifiche	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Rivoltini	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Rivoltini	04.12.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Rivoltini	09.10.2014
10	Endabgabe / Consegna definitiva	Rivoltini	31.07.2014
00	Erstversion / Consegna preliminare	Rivoltini	15.05.2014

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALIEN</b>	
<b>2</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>7</b>
2.1	SPRITZBETON	
2.1	BETONCINO PROIETTATO .....	7
2.2	ANKER	
2.2	ANCORAGGI .....	7
2.3	BETON	
2.3	CALCESTRUZZO.....	7
2.4	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.4	ACCIAIO DA ARMATURA.....	7
<b>3</b>	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
<b>3</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>9</b>
3.1	GEOLOGIE UND GEOMECHANIK	
3.1	GEOLOGIA E GEOMECCANICA.....	9
3.2	TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG	
3.2	ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ .....	11
3.2.1	Trennflächenparameter	
3.2.1	Parametri delle discontinuità .....	11
<b>4</b>	<b>GEBIRGSVERHALTEN</b>	
<b>4</b>	<b>COMPORAMENTO DELLA ROCCIA</b> .....	<b>12</b>
4.1	ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
4.1	VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA.....	12
<b>5</b>	<b>AUSSENSCHALE</b>	
<b>5</b>	<b>RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE</b> .....	<b>14</b>
5.1	BRUCHKÖRPERANALYSE	
5.1	ANALISI DEI BLOCCHI.....	14
5.1.1	Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	
5.1.1	Carichi dell'ammasso altamente fratturato .....	14
5.1.2	Nachweisverfahren	
5.1.2	Procedura di verifica.....	14
5.1.3	Untersuchte Fälle und Ergebnisse	
5.1.3	Casi analizzati e risultati .....	15
5.2	ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN	
5.2	ANALISI DELLE FASI DI SCAVO .....	16
5.2.1	Untersuchte Ausbruchsquerschnitte	
5.2.1	Sezione analizzata .....	16
5.2.2	Bildendes Gebirgsmodell	
5.2.2	Modello costitutivo dell'ammasso .....	17
5.2.3	Eigenschaften der Außenschale	
5.2.3	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase .....	18
5.2.4	Laststufe	
5.2.4	Step di carico.....	18
5.2.5	Nachweisverfahren	
5.2.5	Procedura di verifica.....	19
5.2.6	Ergebnisse	
5.2.6	Risultati.....	20

5.3	ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTSBRUST	
5.3	ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE .....	21
5.3.1	Nachweisverfahren	
5.3.1	Procedura di verifica.....	21
5.3.2	Ergebnisse	
5.3.2	Risultati.....	21
<b>6</b>	<b>INNENSCHALE</b>	
<b>6</b>	<b>RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>	<b>22</b>
6.1	STABWERKSMODELLE	
6.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE .....	22
6.2	MODELLIERUNG DER BETTUNG	
6.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	22
6.2.1	Modellierung der Bettung	
6.2.1	Rigidezza radiale.....	23
6.2.2	Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle	
6.2.2	Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo .....	23
6.3	LASTENANALYSE	
6.3	ANALISI DEI CARICHI .....	24
6.3.1	Eigengewicht G1	
6.3.1	Peso proprio G1 .....	24
6.3.2	Oberleitung G2	
6.3.2	Catenaria G2.....	24
6.3.3	Betonauffüllung über dem Sohlgewölbe G3	
6.3.3	Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3 .....	24
6.3.4	Wasserdruck G4	
6.3.4	Pressione idraulica G4 .....	25
6.3.5	Gebirgslast G5	
6.3.5	Carico dell'ammasso G5 .....	25
6.3.6	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
6.3.6	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	26
6.3.7	Temperatur Q1	
6.3.7	Temperatura Q1 .....	26
6.3.8	Erdbebeneinwirkung E1	
6.3.8	Azione sismica E1 .....	27
6.3.9	Aerodynamischer Druck A1	
6.3.9	Pressione aerodinamica A1.....	27
6.3.10	Aufprall A2	
6.3.10	Urto A2 .....	27
6.3.11	Brand A3	
6.3.11	Incendio A3 .....	27
6.4	EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
6.4	COMBINAZIONE DI CARICO .....	28
6.5	NACHWEISE	
6.5	VERIFICHE .....	28
6.5.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
6.5.1	Stati Limite Ultimi (SLU) .....	28
6.5.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni .....	28
6.5.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	29

6.5.1.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.1.3	Combinazione delle azioni.....	29
6.5.1.4	Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände	
6.5.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	29
6.5.1.5	Überprüfung auf Beulspannung	
6.5.1.5	Verifica a pressoflessione.....	29
6.5.1.6	Querkraftüberprüfung	
6.5.1.6	Verifica a taglio .....	30
6.5.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
6.5.2	Stati Limite Esercizio (SLE) .....	31
6.5.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	31
6.5.2.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	31
6.5.2.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.2.3	Combinazioni delle azioni.....	31
6.5.2.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	31
6.5.2.5	Berechnung der Verformungen	
6.5.2.5	Calcolo delle deformazioni .....	31
6.5.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
6.5.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure .....	31
6.6	BAULICHE DURCHBILDUNG	
6.6	STRUTTURA COSTRUTTIVA .....	31
6.6.1	Expositionsklasse und Mindestbetondeckung	
6.6.1	Classe di esposizione e copriferro minimo .....	31
6.6.2	Mindestbewehrung	
6.6.2	Armatura minima .....	32
6.7	ERGEBNISSE	
6.7	RISULTATI .....	33
<b>7</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>7</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>34</b>
7.1	TABELLENVERZEICHNIS	
7.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	34
7.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
7.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	34
7.3	ANLAGENVERZEICHNIS	
7.3	ELENCO APPENDICI .....	35
7.4	REFERENZDOKUMENTE	
7.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	35
7.4.1	Eingangsdokumente	
7.4.1	Documenti in ingresso .....	35
7.4.2	Normen und Richtlinien	
7.4.2	Normative e linee guida.....	36
7.4.3	Bibliografie	
7.4.3	Bibliografia.....	36
<b>ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN</b>		
<b>APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE..... 38</b>		

<b>ANHANG 2 - KENNLINIEN</b>	
<b>APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE.....</b>	<b>45</b>
<b>ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE</b>	
<b>APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI .....</b>	<b>48</b>
<b>ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER AUSSENSCHALE</b>	
<b>APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE.....</b>	<b>55</b>
<b>ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE</b>	
<b>APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>	<b>61</b>

## 1 EINFÜHRUNG

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Erläuterung zur Bemessung der Außen- und Innenschalen der Haupttunnel (GL-T), die zwischen Kilometrierung km 46+769 und km 46+901 (Oströhre) und zwischen Kilometrierung km 46+732 und km 46+864 (Weströhre) konventionell vorgetrieben werden.

In der besagten Strecke, bevor die Ergebnisse der Bohrung S20, welche innerhalb des Erkundungsstollens, zwischen den Kilometrierungen km 12+385 und km 12+535 (entsprechend der Kilometrierung km 46+769 ca. der Oströhre), ausgeführt wurde, wurde vorgesehen ein Gebirge, welches hauptsächlich aus Paraschiefern mit guten geomechanischen Eigenschaften bestünde, zu durchqueren.

Die Bohrung S20 hat allerdings ein sich hinausziehen der geomechanischen Bedingungen, welche das Gebiet der Maultaler Verwerfung charakterisieren, wobei die vorherige Grenze zwischen der tektonisierten Zone der besagten Verwerfung und den Paraschiefern nach Norden verschoben wird (GA-BCA-GS-10g/GA-BCA-A-10g).

In Anbetracht dieser Ergebnisse, wird die Anwendung der schwierigeren Ausbruchquerschnitte, deren Bemessung im spezifischen Bericht aufgezeigt ist, vorgesehen. Für den Fall, dass sich bessere geomechanische Gebirgsbedingungen als die in der Bohrung S20 angetroffenen ergeben sollten und diese in der Klasse II oder III fallen sollten, wird hier jedenfalls die Bemessung des geplanten Ausbruchquerschnitts aufgezeigt.

Die Überdeckungen dieser Strecke variieren von 640 m bis 750 m.

Der vorgesehene Ausbruchquerschnitt in Klasse II, mit GL-T2 gekennzeichnet, hat eine Ausbruchquerschnittsfläche von 65.69 m<sup>2</sup>, und sieht radiale Nietungen mit Superswellex Pm16, 3 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine Nominalstärke von 15 cm.

Der Ausbruchquerschnitt in Klasse III, mit GL-T3 gekennzeichnet, hat eine Ausbruchquerschnittsfläche von 65.69 m<sup>2</sup>, und sieht radiale Nietungen des Typs Superswellex Pm24, 4.5 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine Nominalstärke von 15 cm.

Die unbewehrte Innenschale wird in Beton der Festigkeitsklasse C30/37 ausgeführt. Die Mindeststärken, welche die Bautoleranzen in der Bauphase berücksichtigen, reichen von 30 cm in der Kalotte bis 60 cm in der Sohle:

Die Bemessung der Innenschalen ist auch für den bereits im Baulos Mauls 1 vorgetriebenen Regelquerschnitt GL-E-Te gültig.

## 1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi della Galleria di Linea scavate in tradizionale (GL-T) tra le progr. km 46+769 e km 46+901 (Canna Est) e tra le progr. km 46+732 e km 46+864 (Canna Ovest).

Nella suddetta tratta, prima che fossero disponibili le risultanze del sondaggio S20 eseguito dall'interno del Cunicolo Esplorativo tra le progressive km 12+385 e km 12+535 (corrispondente alla progressiva km 46+769 circa della canna est), si prevedeva di attraversare un ammasso costituito prevalentemente da parascisti con buone caratteristiche geomeccaniche.

Il sondaggio S20 ha tuttavia messo in evidenza un protrarsi delle condizioni geomeccaniche caratterizzanti la zona della faglia della val di Mules, spostando verso nord il precedente limite tra la zona tettonizzata della suddetta faglia e i parascisti (GA-BCA-GS-10g/GA-BCA-A-10g).

Alla luce di queste risultanze si prevede l'applicazione di sezioni di scavo più pesanti, il cui dimensionamento è riportato nella relazione specifica. In questa sede si riporta comunque il dimensionamento della sezione prevista nel caso in cui le condizioni geomeccaniche dell'ammasso dovessero essere migliori di quanto riscontrato nel sondaggio S20 e dovessero ricadere in classe di scavo II o III.

Le coperture nella presente tratta sono variabili da 640 m a 750 m.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe II è denominata GL-T2, ha una sezione di scavo di 65.69 m<sup>2</sup> e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm16, lunghezza 3 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m. Il betoncino proiettato ha uno spessore nominale di 15 cm.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe III è denominata GL-T3, ha una sezione di scavo di 65.69 m<sup>2</sup> e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm24, lunghezza 4.5 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m. Il betoncino proiettato ha uno spessore nominale di 15 cm.

Il rivestimento definitivo non è armato ed è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessori minimi, che tengono conto delle tolleranze in fase di costruzione, pari a 30 e 60 cm rispettivamente in calotta ed in platea di fondazione.

Il dimensionamento dei rivestimenti definitivi è da ritenersi valido anche per la sezione tipo GL-E-Te, già scavata all'interno del Lotto Mules 1.

## 2 MATERIALIEN

### 2.1 SPRITZBETON

Für die Bemessung der Außenschale wird ein Spritzeton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften angenommen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul
- $f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit Spritzbeton nach 28 Tagen

### 2.2 ANKER

Es wird der Einsatz von Anker des Typs Superswellex Pm16 (GL-T2) und Superswellex Pm24 (GL-T3) vorgesehen, mit folgenden Charakteristiken:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$N_y = 140 \text{ kN (Pm16)}$$

$$N_y = 200 \text{ kN (Pm24)}$$

Wobei:

- $E_s$  = Elastizitätsmodul
- $N_y$  = Ermüdungslast der Niete

### 2.3 BETON

Für die Bemessung der Innenschale wird ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften berücksichtigt:

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  = Mittelwert Elastizitätsmodul
- $f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

### 2.4 BEWEHRUNGSSTAHL

Für die Bemessung der Außenschale ist Stahl des Typs B450C heranzuziehen:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MN/m}^2$$

Hierbei ist:

## 2 MATERIALI

### 2.1 BETONCINO PROIETTATO

Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase in betoncino proiettato si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_{cm}$  è il valore medio del modulo elastico secante
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica a compressione del betoncino proiettato a 28 giorni

### 2.2 ANCORAGGI

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo Superswellex Pm16 (GL-T2) e Superswellex Pm24 (GL-T3) aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_s$  è il modulo elastico
- $N_y$  è il carico di snervamento del chiodo

### 2.3 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento del rivestimento definitivo si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_{cm}$  è il valore medio del modulo elastico
- $f_{ck}$  è la resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo dopo 28 giorni

### 2.4 ACCIAIO DA ARMATURA

Per il dimensionamento dell'anello si utilizza l'acciaio tipo B450C:

dove:



- $E_s$  = Elastizitätsmodul
- $f_{yk}$  = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Stahlbetons

- $E_s$  = modulo elastico
- $f_{yk}$  = tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

### 3 GEOTECHNISCHES MODELL

#### 3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Für die Bemessung des Haupttunnels in Klasse III wurden die geomechanischen Bedingungen der betreffenden Strecke und der Strecke Richtung Norden, wo dieselbe Vortriebsklasse vorgesehen ist, berücksichtigt, d.h. zwischen Kilometrierung km 45+025.0 und km 46+901 (Oströhre) und zwischen Kilometrierung Km 44+987 und km 46+864 (Weströhre).

In Folge werden die Daten der, laut Dokumente [2][3], vor der Neubearbeitung der geomechanischen Charakterisierung, welche angesichts der Ergebnisse der Vortriebsbohrungen S20 erfolgte, vom Ausbruch betroffenen homogenen Strecken, aufgezeigt

Zone number	Zone initial pk (approx.)	Zone final pk (approx.)	Zone length	Zone max overburden	Zone min overburden	Rock mass name	Rock mass Length	
	[km]	[km]	[m]	[m]	[m]		[% of zone length]	[m]
13	44.7	45.1	346	1115	1025	GA-BST-KS-8f	100%	346
14	45.1	45.5	390	1200	1095	GA-BCA-A-10g	85%	331.5
						GA-BCA-GS-10g	15%	58.5
15	45.5	47.0	1540	1135	590	GA-BCA-GS-10g	90%	1386
						GA-BCA-A-10g	10%	154

Tabelle 1 Geomechanische Homogene Bereiche

### 3 MODELLO GEOTECNICO

#### 3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

Per il dimensionamento delle Gallerie di Linea in classe III sono state considerate le condizioni geomeccaniche della tratta in oggetto e della tratta verso nord ove è prevista la medesima sezione di scavo, vale a dire tra le progr. Km 45+025.0 e km 46+901 (Canna Est) e tra le progr. km 44+987 e km 46+864 (Canna Ovest).

Nel seguito si riportano i dati delle tratte omogenee interessate dallo scavo secondo i documenti [2][3], prima dell'aggiornamento della caratterizzazione geomeccanica avvenuta a seguito delle risultanze del sondaggio in avanzamento S20.

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee

Folgende Tabellen zeigen die geomechanischen Grundparameter für die Definition der geomechanisch homogenen Zonen und die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Bieniawskis der unterschiedlichen Klassen.

Le seguenti tabelle riportano i parametri geomeccanici di base che caratterizzano ciascuna zona geomeccanica omogenea e la distribuzione probabilistica delle diverse classi secondo la classificazione di Bieniawski.

Zone number	13	14		15	
Rock mass name	GA-BST-KS-8f	GA-BCA-A-10g	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g
$\gamma$ (m) [kN/m <sup>3</sup> ]	26.6	27.8	27.3	27.3	27.8
$\gamma$ ( $\sigma$ ) [kN/m <sup>3</sup> ]	0.36	0.52	1.49	1.49	0.52
$\sigma_{ci}$ (m) [MPa]	41	140	75	75	140
$\sigma_{ci}$ ( $\sigma$ ) [MPa]	18	48	5	5	48
$m_i$ (m)	12	20	17	17	20
$m_i$ ( $\sigma$ )	2	6	3	3	6
$E_i$ (m) [GPa]	43	53	56	56	53
$E_i$ ( $\sigma$ ) [GPa]	11.1	8	10.9	10.9	8
RMR(m)	60	70	60	60	70
RMR( $\sigma$ )	5	5	5	5	5
GSI(m)	50	65	50	50	65
GSI( $\sigma$ )	5	10	5	5	10

Zone number	13	14		15	
Rock mass name	GA-BST-KS-8f (**)	GA-BCA-A-10g	GA-BCA-GS-10g (*)	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g
p(class I)	-	-	-	-	-
p(class II)	-	100%	-	-	100%
p(class III)	100%	-	100%	100%	-
p(class IV)	-	-	-	-	-
p(class V)	-	-	-	-	-

Tabelle 2: Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen (die mit [\*] angegebenen Gebirge haben vorgesehene Längen von unter ca. 100m, während für die mit [\*\*] angegebenen Gebirge stellte sich heraus, dass die Literaturwechselbeziehungen zwischen RMR und GSI nicht gültig sind: in beiden Fällen wurden die RMR und GSI Mittelwerte angewandt).

Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi (gli ammassi indicati con [\*] hanno lunghezze previste inferiori a circa 100m, mentre per quelli indicati con [\*\*] non risultano valide le correlazioni da letteratura tra RMR e GSI; in entrambi i casi sono stati adottati i valori medi di RMR e GSI).

Wobei:

- $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Gebirges

Dove:

- $\gamma$  è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.

- $\sigma_{ci}$  = einaxialen Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix
- $m_i$  = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial
- $E_i$  = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- RMR = *Rock Mass Rating 1989*
- GSI = *Geological Strength Index*

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [25] berechnet, welches und im geomechanischem Hauptbericht [1] näher beschrieben wird.

- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale di matrice.
- $m_i$  è un parametro di curvatura dell'involuppo di rottura triassiale del materiale roccia.
- $E_i$  è il modulo di deformazione di matrice.
- RMR è il *Rock Mass Rating 1989*.
- GSI è il *Geological Strength Index*.

I parametri di deformabilità e di resistenza caratteristici di ciascuna tratta sono stati calcolati in accordo al principio di linearizzazione dell'involuppo di rottura proposto da Hoek & Brown [25] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

Zone number	Rock mass name	Class [-]	Zone max overburden [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi_{peak}$ [°]	$\Phi_{res}$ [°]	$c_{peak}$ [MPa]	$c_{res}$ [MPa]	$E_{rm}$ [MPa]	$\Psi$ [°]
13	GA-BST-KS-8f	III	1115	26.6	27.69	21.15	2.193	1.392	11504	3.5
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	27.8	42.21	33.15	4.887	2.900	21074	6.86
	GA-BCA-GS-10g	III		27.3	36.23	28.85	3.535	2.274	15528	4.53
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	27.3	36.67	29.26	3.415	2.195	15528	4.58
	GA-BCA-A-10g	II		27.8	42.65	33.57	4.725	2.797	21074	6.93

Tabelle 3: typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen

Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi

Wobei:

- $\Phi_{picco}$  = Reibungswinkel am Peak
- $\Phi_{res}$  = Restreibungswinkel
- $c_{picco}$  = Kohäsion am Peak
- $c_{res}$  = Restkohäsion
- $E_{rm}$  = Gebirgsmodul
- $\psi$  = Dilatanz

Dove:

- $\Phi_{peak}$  è l'angolo d'attrito di picco.
- $\Phi_{res}$  è l'angolo d'attrito residuo.
- $c_{peak}$  è la coesione di picco.
- $c_{res}$  è la coesione residua.
- $E_{rm}$  è il modulo d'ammasso.
- $\psi$  è la dilatanza.

### 3.2 TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG

Auf Grund der verfügbaren Daten der Regelplanung [8] und [9] wurden die Diskontinuitäten aus Tabella 4 berücksichtigt.

### 3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [8] e [9] sono state considerate le discontinuità riportate in Tabella 4.

Rock mass name	ID Joint	Dip direction [°]	Dip [°]	Max Persistence [m]
<b>GA-BST-KS-8f</b> <i>Doc. [13]</i>	SC	355	60	10
	RTF2w	285	85	1
	RTF5	110	75	1
	RTF6	050	65	10
<b>GA-BCA-A-10g</b> <b>GA-BCA-GS-10g</b> <i>Doc. [13]</i>	SC	345	45	3
	RTF1	160	80	1
	RTFw	255	75	1
	RTF3	300	85	1
	RTF6	020	80	3

Tabelle 4: Lage der Trennflächen

Tabella 4: Giacitura delle discontinuità

#### 3.2.1 Trennflächenparameter

Im Falle von ebenen glatten Harnischflächen (Chloritisierung) oder auch bei tonigen Füllungen mit Präsenz von Wasser o.ä. sollten zur Sicherheit folgende konservative Scherparameter berücksichtigt werden:

- $\Phi = 20^\circ$
- $c = 0 \text{ MPa}$

#### 3.2.1 Parametri delle discontinuità

Si adottano parametri conservativi per tenere in considerazione eventuali condizioni sfavorevoli delle discontinuità (superfici planari e lisce, riempimenti argillosi e presenza d'acqua, ecc.):

- $\Phi_k = 20^\circ$
- $c_k = 0 \text{ MPa}$

## 4 GEBIRGSVERHALTEN

Die Ermittlung der Gebirgslast, sowie die Ermittlung der Lastableitung von der Außen- auf die Innenschale erfolgt in Abhängigkeit des Gebirgsverhaltens:

- Bei druckhaftem Gebirgsverhalten werden die Gebirgslasten durch die numerische Modellierung der Interaktion zwischen Gebirge und Ausbau ermittelt.
- Bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten ermitteln sich die Gebirgslasten in erster Linie aus der Bruchkörperanalyse.

Zur Einschätzung des Gebirgsverhaltens und zur Differenzierung zwischen den beiden Gebirgsverhalten ist das Kennlinienverfahren anzuwenden.

### 4.1 ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

Zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens wurden die Dokumente [2] und [3] berücksichtigt. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt.

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	$c_r$	$c_a$	$c_r$	$F_{plf}$	$F_{pla}$	$c_r/R$	$F_{plf}/R$	$c_r/R$	$F_{pla}/R$
				[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[%]	[-]	[%]	[-]
13	GA-BST-KS-8f	III	1115	6.68	22.26	15.58	6.58	14.79	1.37%	1.35	3.21%	3.04
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	0.66	2.22	1.55	0.00	2.39	0.14%	0.00	0.32%	0.49
	GA-BCA-GS-10g	III		1.39	4.62	3.23	0.96	4.61	0.29%	0.20	0.67%	0.95
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	1.25	4.16	2.91	0.82	4.36	0.26%	0.17	0.60%	0.90
	GA-BCA-A-10g	II		0.61	2.02	1.41	0.00	2.25	0.12%	0.00	0.29%	0.46


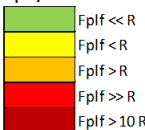
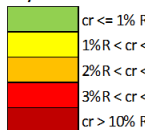
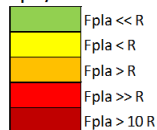
<b><math>C_f / R</math></b>	<b><math>F_{plf} / R</math></b>	<b><math>C_r / R</math></b>	<b><math>F_{pla} / R</math></b>
			

Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren.  $c_r$  = Ortsbrustkonvergenz,  $c_a$  = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $c_r$  = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $F_{plf}$  = plastische Zone an der Ortsbrust,  $F_{pla}$  = plastische Zone Gleichgewicht,  $R$  = Aushubs Radius (mit 4.86m angenommen).

In Tabelle 6 ist ein Annahmekriterium [23] [24] aufgezeigt, welches der Einschätzung des Verhaltens der Ortsbrust in Abhängigkeit der Berechnungsergebnisse aus dem Gebirgskennlinienverfahren dient (Konvergenz an der Ortsbrust und Ausdehnung der plastischen Zone an der Ortsbrust).

## 4 COMPORAMENTO DELLA ROCCIA

Il calcolo del carico dell'ammasso e il calcolo del trasferimento del carico dal rivestimento esterno al rivestimento definitivo dipendono dal comportamento dell'ammasso:

- in caso di comportamenti dell'ammasso di tipo spingente, i carichi si calcolano tramite modellazione numerica dell'interazione fra ammasso e rivestimento;
- in caso di ammasso altamente fratturato, i carichi si calcolano mediante l'analisi dei blocchi.

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso e per la differenziazione tra i due comportamenti si utilizza il metodo delle curve caratteristiche.

### 4.1 VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso in esame sono stati presi in considerazione i documenti [2] e [3]. Si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dall'analisi delle linee caratteristiche.

Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche.  $c_r$  = convergenza al fronte,  $c_a$  = convergenza assoluta all'equilibrio naturale,  $c_r$  = convergenza relativa all'equilibrio naturale,  $F_{plf}$  = fascia plastica al fronte,  $F_{pla}$  = fascia plastica all'equilibrio naturale,  $R$  = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).

In Tabella 6 si riporta un criterio [23] [24] per stimare il comportamento del fronte di scavo in funzione dei risultati delle analisi con le linee caratteristiche (convergenza al fronte e estensione della fascia plastica al fronte).

Fronte stabile Stabile ortsbrust	Fronte stabile a breve termine Kurzzeitig stabile Ortsbrust	Tendenza all'instabilità del fronte Instabilitätstendenz Ortsbrust	Fronte instabile Instabile Ortsbrust
$c_f < 1\% R_{scavo}$	$1\% R_{scavo} < c_f < 2\% R_{scavo}$	$2\% R_{scavo} < c_f < 3\% R_{scavo}$	$c_f > 3\% R_{scavo}$
$F_{pl f} \ll R_{scavo}$	$F_{pl f} < R_{scavo}$	$F_{pl f} \geq R_{scavo}$	$F_{pl f} \gg R_{scavo}$

Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [23] [24];  $c_f$  = Ortsbrustkonvergenz;  $F_{pl f}$  = Umfang des plastischen Streifens an der Ortsbrust;  $R_{scavo} = r_{eq}$  = entsprechender Aushebungsradius.

Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [23] [24];  $c_f$  = convergenza al fronte;  $F_{pl f}$  = estensione della fascia plastica al fronte;  $R_{scavo} = r_{eq}$  = raggio equivalente di scavo.

Das Berechnungsergebnis zeigt, dass die statische Bemessung im vorliegenden Dokument für die Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g, bei denen geringe Verformungs- und Stabilitätsprobleme (< 5 cm) zu erwarten sind, gelten kann. Das erwartete Verhalten des Hohlraums ist im Wesentlichen von elastischer Art mit einer plastischen Zone, welche kleiner als der Aushubradius ist, und die Ortsbrust erscheint fast stabil.

In Anhang 1 sind die geomechanischen Karten der Gebirge GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g [8] aufgezeigt.

Dall'analisi si evidenzia come il dimensionamento statico contenuto nel presente rapporto può essere valido per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g in cui si possono attendere basse problematicità deformative (< 5 cm) e di stabilità. Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elastico con fascia plastica, inferiore al raggio di scavo, e il fronte si presenta pressoché stabile.

Nell'Appendice 1 sono riportate le schede geomeccaniche per gli ammassi GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g [8].

## 5 AUSSENSCHALE

Aus der Berechnung mittels Kennlinienverfahren für die Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g geht hervor, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen im Zentimeterbereich und durch die Bildung einer plastischen Zone, welche kleiner als der Aushubradius ist, gekennzeichnet ist.

Für die nachfolgende Bemessung der Inneschale (Kapitel 6), wurden zwei unterschiedliche Berechnungsarten angewandt, um zu unterscheiden ob die Last die aus der Loslösung eines Felsblocks (Felssturz Kapitel 5.1) resultiert ungünstiger wirkt als die Last aus dem Auflockerungsdruck (Kapitel 5.2).

### 5.1 BRUCHKÖRPERANALYSE

#### 5.1.1 Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

Die für die Bemessung der Inneschale zu berücksichtigende Last ergibt sich aus der Größe der Felsblöcke. Eine beispielhafte Ableitung der im Modell des gebetteten Stabmodells anzusetzenden Last ist nachfolgend dargestellt.

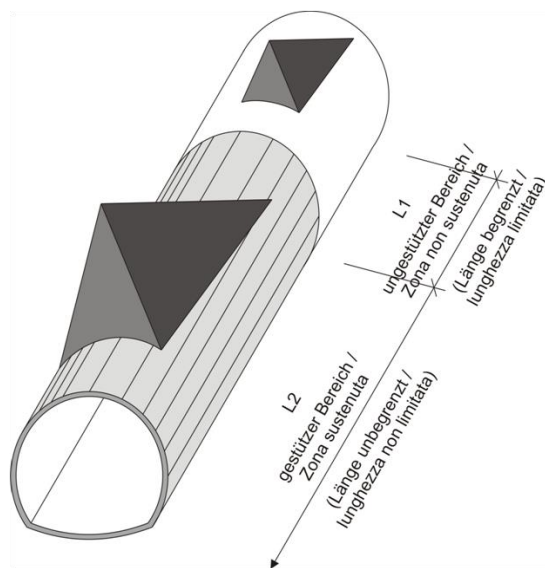


Abbildung 1: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

#### 5.1.2 Nachweisverfahren

Gemäß NTC 2008 wurden die Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt. Demnach sind die Einwirkungen mit dem Faktor  $\gamma_c = 1,30$  zu erhöhen und die Widerstände sind mit  $\gamma_c = 1,50$  bzw.  $\gamma_s = 1,15$  zu reduzieren.

Für die Berechnung werden die charakteristischen Werte  $c'$  und  $\phi'$  verwendet, welche im Kapitel 3.2.1. aufgezeigt werden.

## 5 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Dall'analisi delle linee caratteristiche, per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g, si evince che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte, dell'ordine centimetrico, e dalla formazione di una fascia plastica inferiore al raggio di scavo.

Per il successivo dimensionamento dell'anello interno (paragrafo 6), sono stati implementati due differenti tipologie di analisi al fine di valutare se il carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1) fosse più o meno gravoso del carico di allentamento dell'ammasso (paragrafo 5.2).

### 5.1 ANALISI DEI BLOCCHI

#### 5.1.1 Carichi dell'ammasso altamente fratturato

Le dimensioni dei blocchi definiscono i carichi da considerare per il dimensionamento del rivestimento definitivo. La seguente figura illustra l'esempio di una trasposizione del carico da applicare al modello statico appoggiato su un letto di molle.

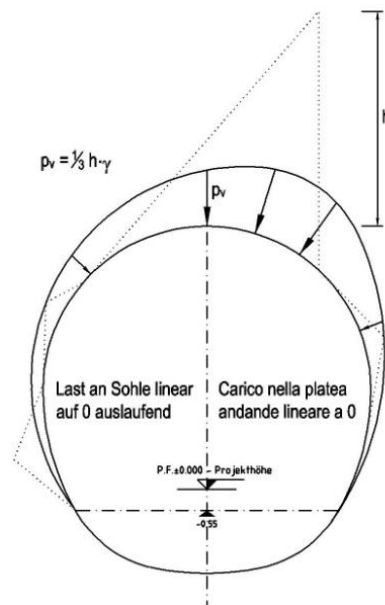


Figura 1: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato

#### 5.1.2 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 sono stati considerati i fattori parziali di sicurezza secondo i quali le azioni vengono aumentate di  $\gamma_G = 1,30$  e le resistenze ridotte di  $\gamma_c = 1,50$  ovvero  $\gamma_s = 1,15$ .

Per l'analisi si adottano i valori caratteristici  $c'$  e  $\phi'$  riportati al paragrafo 3.2.1.

Für den Nachweis mittels Bruchkörperanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Per la verifica basata sull'analisi dei blocchi deve essere considerato il seguente criterio di sicurezza.

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Dove:

- $R_d$  = Valore della resistenza di progetto
- $E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

### 5.1.3 Untersuchte Fälle und Ergebnisse

Der Nachweis wurde mit dem Berechnungsprogramm UNWEDGE 3.0 durchgeführt. Dabei wird die Wirksamkeit der Anker in Abhängigkeit von deren Neigung Rutschrichtung der Felsblöcke und in Hinblick auf die Scherfestigkeit der Kluffüllungen. Auf der sicheren Seite liegend wurde der Ausbruchsquerschnitt GL-T2 aufgrund der in Tabelle 4 aufgezeigten Diskontinuitäten analysiert. Die aus den Berechnungen resultierenden Ergebnisse gelten auch für den Ausbruchsquerschnitt GL-T3.

Es werden zwei Arten von Nachweis geführt:

- Sektor L1: die Länge des Berechnungsmodells entspricht der Abschlagslänge (4.5 m), welche aus Sicherheitsgründen um 0.5 Meter verlängert und ohne Spritzbeton berücksichtigt wurde. Um die Stabilität der Felsblöcke sicherzustellen ist ein Netz aus Ankern des Typs Superswellex Pm16 ( $N_{yd} = 140$  kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer) vorgesehen.
- Sektor L2: das Berechnungsmodell ist unendlich lang mit einer 10 cm dicken Spritzbetonschale und mit Ankern des Typs Superswellex Pm16 ( $N_{yd} = 140$  kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer).

Blöcke mit geringer Größe (<100 kN) sind für die Berechnung nicht maßgebend und falls sie nicht schon durch die Sprengung abgebrochen sein sollten, müssen sie vor Ort vom Geotechnikspezialisten geprüft und mit einzelnen Bolzen gesichert werden. Für die Zusammenfassung der Ergebnisse wird auf Anhang 3 verwiesen. Es wird hervorgehoben, dass mit der geplanten Ausbruchsicherung ein Sicherheitsfaktor größer als 1.3, und somit gleich  $\gamma_G$ , erreicht wird.

Aus der Nachweisführung geht hervor, dass das maximale Gewicht eines Felsblockes ca. 10 kN ist. Auf der sicheren Seite liegend wurde der Nachweis mit einem Felsblock von 48 kN, (maximale Höhe von 2.74 m) und einer agierende Fläche von ca. 1.56 m<sup>2</sup> ( $P_v \approx 30.6$  kPa), wie im Bericht D0700-22907 „Bericht der Verkleidungsberechnung FdE-GL (T1-T3)“.

### 5.1.3 Casi analizzati e risultati

Le analisi sono state effettuate con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0 considerando l'efficacia dei chiodi in funzione della loro inclinazione rispetto al direzione di scivolamento dei blocchi e considerando la resistenza a taglio degli inclusi. In via cautelativa è stata analizzata la sezione GL-T2 sulla base delle discontinuità riportate in Tabella 4. I risultati ottenuti sono validi anche per la sezione GL-T3.

Vengono eseguite due tipologie di analisi:

- settore L1: lunghezza di analisi pari allo sfondo di abbattimento (4.5 m) aumentato cautelativamente di 0.5 metri con assenza di betoncino proiettato. Per garantire la stabilità dei cunei rocciosi si prevede una rete di ancoraggi Superswellex Pm16 ( $N_{yd} = 140$  kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.80 m (trasversale).
- settore L2: lunghezza di analisi illimitata con presenza di uno strato di betoncino proiettato di 10 cm e ancoraggi Superswellex Pm16 ( $N_{yd} = 140$  kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.50 m (longitudinale) x 1.80 m (trasversale).

I blocchi che hanno una dimensione ridotta (< 100 kN) non sono rappresentativi per l'analisi e, qualora non si siano già distaccati a seguito del brillamento, devono essere esaminati sul luogo dall'esperto geotecnico ed assicurati con bulloni singoli. Rimandando all'Appendice 3 per la sintesi dei risultati, si evidenzia che con i provvedimenti di messa in sicurezza previsti si raggiunge sempre un fattore di sicurezza maggiore di 1.3, uguale a  $\gamma_G$ .

Dall'analisi risulta che il peso massimo del blocco è di ca. 10 kN. In via cautelativa è stato considerato un blocco maggiore con peso 48 kN (altezza massima pari a 2.74 m) e superficie agente di ca. 1.56 m<sup>2</sup> ( $P_v \approx 30.6$  kPa) analogo al Rapporto D0700-22907 "Relazione di calcolo rivestimenti FdE-GL (T1-T3)"



## 5.2 ANALYSE DER AUSBRUCHPHASEN

Um abzuschätzen welcher Lastfall, der Gebirgsdruck oder das Loslösen eines Bruchkörpers (Absatz 5.1), maßgebend ist, wurde eine Finite-Elemente-Berechnung mit dem Programm MIDAS GTS [33] durchgeführt. Dieses ermöglicht Lastentwicklung und das spannungs-verformende Verhalten des Gebirges während der einzelnen Bauphasen zu verfolgen.

Modellierung im ebenen Verformungszustand, d.h.:

- Das geotechnische Bezugsmodell stellt einen Querschnitt orthogonal zur Tunnelachse dar;
- Die Definition des Spannungs-Verformungs-Verhaltens und der Festigkeit des Gebirges ist vom Ausbruch abhängig;
- Die Definition des Spannungszustands im Gebirge, vor dem Tunnelvortrieb ist erforderlich;
- Die einzelnen Ausbruchphasen sowie die entsprechende Ausbruchsicherung werden modelliert.

### 5.2.1 Untersuchte Ausbruchsquerschnitte

Für die Bemessung des Ausbruchsquerschnitts GL-T3 wurde der Querschnitt mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke (H=1200m) berücksichtigt. Es wird ausgeschlossen, dass die beiden Tunnelvortriebe der Haupttröhren sich bei einem Achsabstand von 70m gegenseitig negativ beeinflussen. Aus diesem Grund wird die Geometrie aus Abbildung 2 berücksichtigt.

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 200 m, von denen 100 m unter und 100 m über der Schienenoberkante liegen. Durch die gewählten Modellabmessungen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Randeinflüsse vernachlässigbar werden. Das Gebirge wurde mittels zweidimensionaler, quadratischer Elemente mit Abmessungen von ca. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Mesh verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von ca. 50x50 cm. Die gewählten Auflagerbedingungen verhindern Verschiebung in beide Richtungen am unteren Modellrand und blockieren Verschiebungen in horizontaler Richtung an den vertikalen Modellrändern. Am oberen Modellrand wurde ein Druck aufgebracht, welcher der vorhandenen Bodenauflast (von Tunnel bis Geländeoberkante) entspricht.

## 5.2 ANALISI DELLE FASI DI SCAVO

Al fine di valutare se il carico d'ammasso è più o meno gravoso del carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1), è stata condotta un'analisi mediante il programma agli elementi finiti MIDAS GTS [33]. Quest'ultimo consente di seguire la storia di carico e il comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso durante tutte gli step per la realizzazione dell'opera.

Le analisi, condotte nell'ipotesi di deformazioni piane, comportano:

- La definizione del modello geotecnico di riferimento che rappresenta una sezione trasversale all'asse della galleria;
- La definizione delle leggi sforzo-deformazione e di resistenza dell'ammasso roccioso interessato dagli scavi;
- La definizione dello stato tensionale presente nell'ammasso prima dello scavo della galleria;
- La simulazione delle fasi di scavo e di messa in opera dei sostegni.

### 5.2.1 Sezione analizzata

Per il dimensionamento della sezione GL-T3 si è considerata la sezione con la massima copertura nella tratta in esame (H=1200 m). Vista la distanza di 70 m tra l'asse della GL Ovest e Est, si escludono eventuali influssi tra gli scavi e viene considerata la geometria riportata in Figura 2.

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi della cavità, 200 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 100 m al di sopra di quest'ultimo. Tali limiti sono sufficienti per ritenere trascurabili gli effetti di bordo. L'ammasso è stato discretizzato mediante elementi bidimensionali quadrati di dimensioni pari a circa 200x200 cm, infittiti in prossimità della galleria, dove assumono dimensioni pari a circa 50x50 cm. Le condizioni di vincolo al contorno del modello prevedono spostamenti impediti in entrambe le direzioni lungo il boundary inferiore e spostamenti impediti in direzione orizzontale lungo i boundary verticali. Sul boundary superiore è applicata una pressione pari al peso del terreno presente in sito fino alla quota del piano campagna.

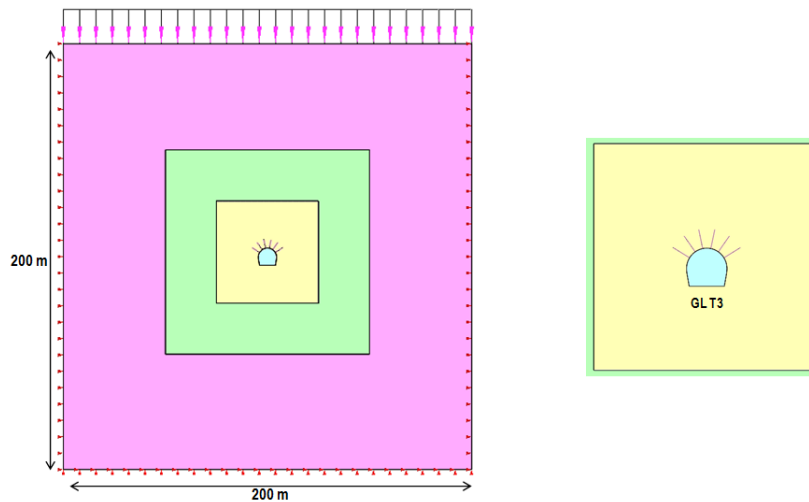


Abbildung 2: Analyseabschnitt GL-T3

Figura 2: sezione di analisi GL-T3

### 5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge ist als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert worden mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [25] und Rest Parameter, welche gemäß der Cai et. al [32] Theorie bewertet werden, und es ist in den Berichten [2] und [3] aufgezeigt. Insbesondere sind die elastischen (Verformungsmodul und Poisson-Beiwert), elastisch-plastischen (Reibungswinkel und Peak- und Restkohäsion) und physischen (Dichte und einachsigen Komprimierungswiderstand) Eigencharakteristika der von der Aushebung betroffenen Felsen festgelegt worden.

Aufgrund der im Kap. 3.1 aufgezeigten Bemerkungen, werden die geomechanischen Parameter des Gebirges GA-BCA-GS-10g berücksichtigt:

Zone max überburden [m]	GSI	GSI <sub>res</sub>	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_{rm}$ [MPa]	$\sigma_{ci}$ [MPa]	$\sigma_{cm}$ [MPa]	$m_i$ [-]	$m_{b, peak}$ [-]	$m_{b, res}$ [-]	$s_{, peak}$ [-]	$s_{, res}$ [-]
1200	50	25.59	27.3	15528	75	15.60	17	2.599	1.087	0.0039	0.0003

Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter

### 5.2.2 Modello costitutivo dell'ammasso

L'ammasso è stato modellato come un mezzo continuo elasto-plastico avente criterio di resistenza di tipo Hoek-Brown [25] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [32] e riportata nel Rapporti [2] e [3]. In particolare sono state assegnate le caratteristiche elastiche (modulo di deformazione e coefficiente di Poisson), elasto-plastiche ( $m_b$ ,  $s$  con valori di picco e residuo) e fisiche (densità e resistenza a compressione monoassiale) proprie delle rocce interessate dallo scavo.

Sulla base delle considerazioni riportate nel Par 3.1, vengono considerati i parametri geomeccanici dell'ammasso GA-BCA-GS-10g:

Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati

Die Kraftlage vor Ort ist gemäß folgenden Verhältnissen ausgewertet worden:

$$\sigma_y = \gamma \cdot z$$

$$\sigma_x = K_0 \cdot \sigma_z$$

Wobei:

- Z = Abstand des allgemeinen Elements von der Geländeoberkante
- $K_0$  = Beiwert des waagrechten Schubs mit 0.75 angenommen.

Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

Dove

- Z rappresenta la distanza del generico elemento dal piano campagna
- $K_0$  è il coefficiente di spinta orizzontale, assunto pari a 0.75.

### 5.2.3 Eigenschaften der Außenschale

Folgende Tabelle zeigt die Charakteristiken der Sicherheitsmaßnahmen für Profil GL-T3 auf:

	Chiodature Nietungen						Betoncino proiettato Spritzbeton		
	Tipo	N <sub>y</sub> [kN]	L [m]	i <sub>long</sub> [m]	i <sub>trasv</sub> [m]	n° [-]	Classe [-]	s <sub>nominale</sub> [cm]	s <sub>minimo</sub> [cm]
<b>GL-T3</b>	Pm24	200	4.5	1.5	1.8	5+6	C30/37	15	9

Tabelle 8: Eigenschaften der Außenschale GL-T3

Die Niete werden ins Modell eingesteckt mit einem ihrer Ermüdungsfestigkeit entsprechenden Grenzwiderstand der, wie mit BBT SE vereinbart, um den Widerstandsbeiwert ( $Y_R = 1.15$ ) und der Reibung ( $Y_R = 1.3$ ) faktorisiert wird.

Die Anker sind mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) reproduziert worden, mit perfekt plastischem elastischen Verhalten (Abbildung 3) mit Von Mises Bruchkriterium ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$  kN), welche den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden sind, in Hinblick auf Vorsichtswerten des Querwiderstands (100 kN/m) und der tangentielle Steifigkeit (10 MN/m/m) [31].

Vorsichtshalber wird die Innenschale in Spritzbeton übergangen, da sie als bauliche Maßnahme berücksichtigt wird, welche zur Sicherheit bzgl. des Abbrechens von kleinen Felsenvolumen geeignet ist (siehe Anhang 3).

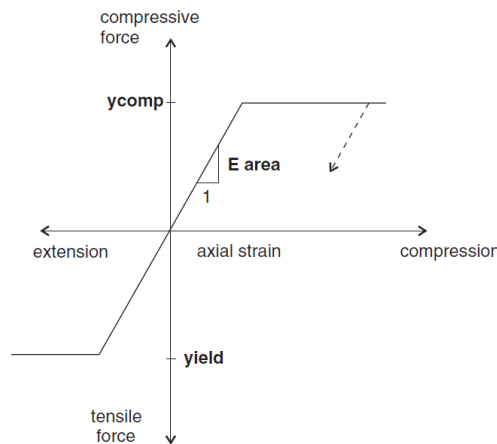


Abbildung 3: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

### 5.2.4 Laststufe

Nach einer ersten Phase der Modellinitialisierung, zur Berechnung des Ausgangsgleichgewichts, wird die Tunnelaushebung mittels Trägheits-Kräften der Ausbruchs simuliert (späterhin TKA). Der Prozentsatz dieser Kräfte an der Ortsbrust ist aufgrund der Ergebnisse des Kennlinienverfahrens bestimmt (Anhang 2).

### 5.2.3 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo GL-T3:

Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase GL-T3

I chiodi vengono inseriti nel modello con una resistenza limite pari alla loro resistenza a snervamento fattorizzata per il coefficiente sulle resistenze ( $Y_R = 1.15$ ) e sull'aderenza di ( $Y_R = 1.3$ ) come concordato con BBT SE.

Gli ancoraggi sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 3) con criterio di rottura alla Von Mises ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$  kN) collegati ai nodi della griglia mediante un'interfaccia considerando valori cautelativi di resistenza a taglio (100 kN/m) e rigidità tangenziale (10 MN/m/m) [31].

In via cautelativa il rivestimento di prima fase in betoncino proiettato viene trascurato in quanto considerato come un provvedimento costruttivo atto a garantire la sicurezza nei confronti di distacchi di piccoli volumi di roccia (vedasi Appendice 3).

Figura 3: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi

### 5.2.4 Step di carico

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo della GL viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS. La percentuale di tali forze è definita sulla base dei risultati delle Linee Caratteristiche (vedasi Appendice 2).

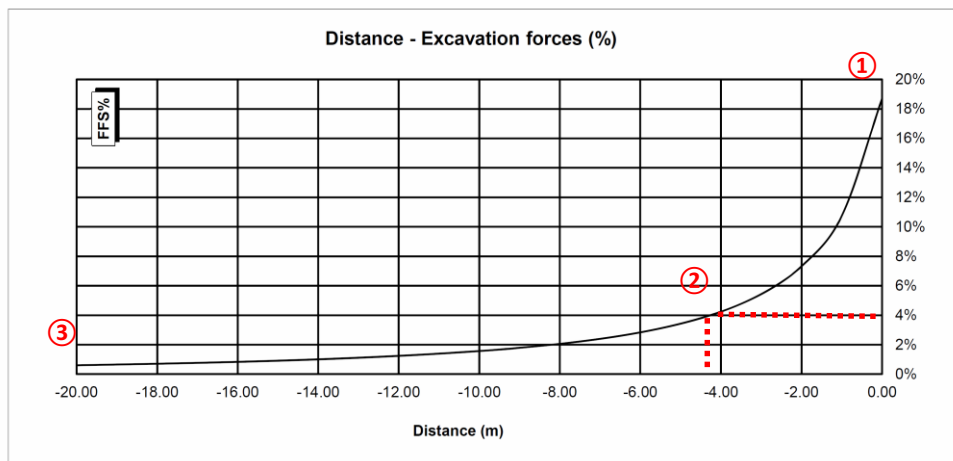


Abbildung 4: TKA an der Ortsbrust und am Nietungseinsatz

Figura 4: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo:

- 1) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Umgebungslagen, der Stratigraphie und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 2) Annullierung der Zonen innerhalb der Aushebung und Reduktion der TKA bis zum Wert den sie an der Ortsbrust einnehmen (TKA =18%);
- 3) Reduktion der TKA bis zum Wert den sie bei der Einsetzung der Außenschale einnehmen (auf 4.5 m von der Ortsbrust) (TKA =4%);
- 4) Einführung des numerischen Außenstützenmodells und Annullierung der TKA (TKA =0%);
- 5) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit der Einsetzung der Innenschale. Diese ist mit der Bewehrungsmatte verbunden mittels ein Schnittstellenelement, mit normaler dem Gebirge entsprechende Steifigkeit, und tangentialer Steifigkeit gleich Null. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die tangentialen Spannungen annulliert, darüber hinaus erlaubt es die Drucke, welche auf der Innenschale wirken, zu schätzen.

- 1) Condizione geostatica iniziale con definizione della geometria, delle condizioni al contorno, della stratigrafia e delle tensioni geostatiche iniziali;
- 2) Annullamento delle zone all'interno dello scavo e riduzione delle forze FFS, fino al valore che assumono al fronte (FFS=18%);
- 3) Riduzione delle FFS fino al valore che assumono nel momento di installazione del rivestimento di I fase (4.5 m dal fronte) (FFS=4%);
- 4) Introduzione nel modello numerico dei sostegni di I fase e annullamento delle FFS (FFS=0%).
- 5) Rimozione del rivestimento di prima fase e simulazione della configurazione a lungo termine con l'installazione del rivestimento definitivo. Quest'ultimo è collegato alla mesh mediante un elemento interfaccia avente rigidità normale pari a quella dell'ammasso e rigidità tangenziale nulla. Quest'ultimo elemento, oltre a consentire di valutare le pressioni che agiscono sul rivestimento definitivo, consente di considerare l'effetto del pacchetto di impermeabilizzazione presente tra i due rivestimenti, annullando le tensioni tangenziali.

### 5.2.5 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2000 wurden die aus dem FEM Modell entnommenen Wirkungen auf die Außenschale um  $\gamma_G = 1,30$  erhöht und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um  $\gamma_c = 1,50$  reduziert, d.h.  $\gamma_s = 1,15$ .

### 5.2.5 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FDM sul rivestimento di prima fase sono aumentate di  $\gamma_G = 1,30$  e le resistenze della sezione strutturale sono ridotte di  $\gamma_c = 1,50$  ovvero  $\gamma_s = 1,15$ .

Die Nachweise ergeben sich als zufriedenstellend wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Da im FEM Modell der Spritzbeton übergangen wurde, wie in Kap. 5.2.3. aufgezeigt, bewährte sich, dass die Anker welche ihre Ermüdungsgrenze erreichen ( $N_{yd} = 174 \text{ kN}$ ) nicht die axiale Verformungsgrenze überschreiten, welche vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde.

#### 5.2.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten BERECHNUNGEN bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen  $< 30 \text{ mm}$  und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca.  $10 \text{ mm}$ ) und durch der Ausformung einer plastischen Zone mit maximale Ausdehnung von ca. 3-4 m charakterisiert ist.

Die Anker erreichen die Ermüdungsgrenze ( $N_{yd} = 174 \text{ kN}$ ), aber sie erreichen nicht die Verformungsgrenze des Stahls ( $\epsilon < 5\%$ ).

Der vom Gebirge ausgeübter Druck auf die Innenschale, bei Verfall der Nietungen, ist in Höhe von  $40 \text{ kPa}$ .

Le verifiche risultano soddisfatte se è verificata la seguente disuguaglianza:

Dove:

- $R_d$  = Valore della resistenza di progetto
- $E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

Essendo stato trascurato nel modello FEM il betoncino proiettato come riportato al Par. 0, si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174 \text{ kN}$ ) non superino il limite di deformazione assiale posto cautelativamente pari al 5%.

#### 5.2.6 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 4 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte (convergenze assolute  $< 30 \text{ mm}$  e convergenze relative in assenza del betoncino proiettato di ca.  $10 \text{ mm}$ ) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 3-4 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174 \text{ kN}$ ) ma non raggiungono il limite di deformazione dell'acciaio ( $\epsilon < 5\%$ ).

La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento definitivo, al decadimento delle chiodature, è dell'ordine dei  $40 \text{ kPa}$ .

### 5.3 ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTSBRUST

#### 5.3.1 Nachweisverfahren

Für die Durchführung der Ortsbrustnachweise werden die charakteristischen Werte der geotechnischen Parameter mit folgenden Faktoren verringert:

Parameter / Parametri	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
Effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi}$	1.25
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	$\gamma_c$	1.25
undrainierte Scherfestigkeit / Resistenza a taglio non drenata	$\gamma_{cu}$	1.4
einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale	$\gamma_{qu}$	1.6
Wichte / Peso specifico	$\gamma_{\gamma}$	1
<sup>a</sup> Dieser Faktor wird auf $\tan \varphi$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis

#### 5.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Kennlinienverfahrens schließen wichtige Instabilitätsphänomene der Ortsbrust für diese Gebirge aus. Die Bruchkörperanalyse, die durch die Unwedge Software durchgeführt wurde, zeigt wie das Volumen der abbrechenden Felsblöcke unter 0.5 m<sup>3</sup> liegt und deshalb, wenn sie nicht schon bei der Sprengung abgebrochen sind, können sie auf Anordnung des geotechnischen Fachmann abgelöst werden.

Im Fall eines verlängerten Aufenthalts der Aushubs Tätigkeiten wird zum Ortsbrustschutz der Einsatz einer faserverstärkten Spritzbetonschicht von 10 cm Stärke vorgesehen.

### 5.3 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE

#### 5.3.1 Procedura di verifica

Per l'esecuzione dei calcoli di stabilità del fronte vengono applicati i valori caratteristici dei parametri geotecnici ridotti con i seguenti fattori:

Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

#### 5.3.2 Risultati

I risultati delle linee caratteristiche escludono importanti fenomeni di instabilità del fronte di scavo per gli ammassi oggetto di studio. L'analisi dei blocchi, eseguita mediante il software Unwedge mostra come i blocchi distaccabili hanno un volume inferiore a 0.5 m<sup>3</sup> e pertanto, se non già distaccati durante il brillamento, possono essere disgiunti su indicazione dell'esperto geotecnico.

In caso di sosta prolungata delle attività di scavo si prevede di installare uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato a protezione del fronte di spessore minimo 10 cm.

## 6 INNENSCHALE

### 6.1 STABWERKSMODELLE

Die Beanspruchungen der Innenschale wurden mit dem Berechnungsprogramm MIDAS Gen2013, welches auf die Finite-Elementen-Methode (FEM) stützt, berechnet.

Für die Berechnung wird ein Tunnelquader mit einheitliche Tiefe (1 m) berücksichtigt und es wird, mittels ebenen Finite-Elemente des Typs Träger (beam), ein Strukturmodell festgelegt. Die Tunnelschale ist durch Elemente mit einer Länge unter 0.5 m schematisiert, welche die reellen Stärken des erfassten strukturellen Elements erweisen (Kappe, Widerlager, Gegenbogen/Grundplatte).

Die strukturelle Steifigkeit der Trägerelemente wird mit  $E'_c \times I_y$  des nicht gerissenen Querschnitts berechnet. Das Trägheitsmoment  $I_g$  wird angesichts der Ausbruchquerschnittachse aus Beton berechnet, indem das Vorkommen des Stahls, wo dieser vorhanden ist, übergangen wird. Das elastische Modul  $E'_c$  bei ebene Verformungslage ist:

$$E'_c = \frac{E_c}{1 - \nu^2}$$

wobei:

- $E_c$  = Modul der Betonelastizität;
- $\nu$  = Poisson Verhältnis (0.2);

Zur Berechnung des unbewehrten Betons wird ein formendes Modell des elastisch-linearen Materials verwendet. Infolge des Verlusts an Querschnittssteifigkeit, welche durch die Öffnung von Spalten verursacht ist, dort wo die Betonzugfestigkeit überwunden wird (Ausformung von plastischen Scharnieren), wird, laut Kapitel 12.5 des EC2, die Neuverteilung der Belastungen berechnet. Die Modellierung der plastischen Scharniere erfolgt durch den Einsatz von Torsionsfedern dessen Steifigkeit mit der Pöttler-Methode [29][30] iterativ berechnet wird.

### 6.2 MODELLIERUNG DER BETTUNG

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mittels Einsatz von Point Support Elementen simuliert, die in Höhe der Modellknoten gesetzt werden. Diese Elemente übertragen, nur bei Komprimierung, den Knoten eine Reaktion die dem Annäherungsdruck Boden-Struktur entspricht. Die Steifigkeit der zitierten Elemente wird angesichts des Reaktionsmoduls des Bodens  $k$  und der Schnittstelle, welche sich aus dem Paket Abdichtung-Dränageschicht ergibt, bestimmt. Die erste wird gemäß den später beschriebenen Verhältnissen (Kapitel 6.2.1 und 6.2.2) bestimmt, respektive für gekrümmte und gradlinige Oberflächen. Die zweite ist, den Eigenschaften der Abdichtungszone zufolge, mit  $60'000 \text{ kN/m}^3$  angenommen

## 6 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

### 6.1 METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE

Le sollecitazioni nel rivestimento definitivo sono state calcolate mediante il programma di calcolo informatico MIDAS Gen2013, basato sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM).

Per il calcolo si considera un concio di galleria con profondità unitaria (1 m) e si definisce un modello della struttura mediante elementi finiti piani di tipo trave (beam). Il rivestimento della galleria è schematizzato con elementi di lunghezza inferiore a 0.5 m aventi gli spessori reali dell'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio/platea).

La rigidità strutturale degli elementi trave è calcolata come  $E'_c \times I_y$  della sezione non fessurata. Il momento d'inerzia  $I_y$  è calcolato rispetto all'asse della sezione in calcestruzzo, trascurando la presenza dell'acciaio ove presente. Il modulo elastico  $E'_c$ , in condizioni di deformazioni piane, vale:

dove:

- $E_c$  = modulo di elasticità del calcestruzzo;
- $\nu$  = rapporto di Poisson (0.2);

Per la modellazione del calcestruzzo non armato si utilizza un modello costitutivo del materiale elastico-lineare. Viene presa in considerazione la redistribuzione delle sollecitazioni in seguito alla perdita di rigidità sezionale causata dall'apertura di fessure laddove venga superata la resistenza a trazione del calcestruzzo (formazione di cerniere plastiche), in accordo con il paragrafo 12.5 dell'EC2. La modellazione delle cerniere plastiche avviene mediante l'inserimento di molle torsionali la cui rigidità è calcolata iterativamente mediante il metodo di Pöttler [29][30].

### 6.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione terreno-struttura viene simulata mediante l'utilizzo di elementi point support posti in corrispondenza dei nodi del modello. Tali elementi trasmettono ai nodi, solo se compressi, una reazione pari alla pressione di contatto terreno-struttura. La rigidità degli elementi citati è determinata tenendo conto del modulo di reazione del terreno  $k$  e dell'interfaccia data dal pacchetto impermeabilizzazione-strato drenante. La prima è definita secondo le relazioni di seguito descritte (paragrafo 6.2.1 e 6.2.2), rispettivamente per superfici curve e rettilinee. La seconda è stata assunta pari a  $60'000 \text{ kN/m}^3$  in virtù delle caratteristiche del pacchetto d'impermeabilizzazione. Quest'ultima ha valenza per

worden. Letztere hat eine Verschiebungswertigkeit unter 0.5cm. Wenn diese Verschiebungen überwunden sind, wird die Schnittstellensteifigkeit die des Gebirges.

Die tangentielle Steifigkeit, aufgrund des Vorkommens des Abdichtungsmantels an der Schnittstelle Boden-Struktur, wurde übergangen.

spostamenti inferiori a 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la rigidezza dell'interfaccia diventa quella dell'ammasso.

La rigidezza tangenziale è stata trascurata in virtù della presenza del manto di impermeabilizzazione nell'interfaccia terreno-struttura.

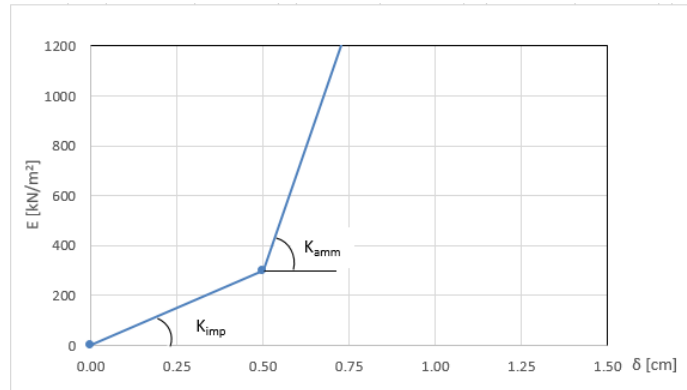


Abbildung 5: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 5: Schematizzazione dell'interfaccia

### 6.2.1 Modellierung der Bettung

Zur Bestimmung der radialen Bettung der Innenschale im Gebirge/Boden wird das Elastizitätsmoduls E, der Poisson Koeffizient  $\nu$  des Gebirges, sowie der entsprechende Innenschalenradius R des Tunnels berücksichtigt:

### 6.2.1 Rigidezza radiale

Per la definizione della rigidezza del letto di molle radiali in materiale sciolto, si tiene conto del modulo elastico E, del coefficiente di Poisson  $\nu$  dell'ammasso roccioso e del raggio interno R della galleria.

$$K_R = E \times \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \times R = \frac{E_S}{R}$$

Hierbei ist:

- $K_R$  = Steifigkeit radiale Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m<sup>3</sup>]
- E = Elastizitätsmodul des umliegenden Gebirges
- $E_S$  = Steifemodul des umliegenden Gebirges
- $\nu$  = Poisson Koeffizient des Gebirges
- R = Tunnelradius - Systemlinie

Dove:

- $K_R$  = rigidezza del letto di molle radiali a contatto con l'anello interno [MN/m<sup>3</sup>]
- E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
- $E_S$  = modulo edometrico dell'ammasso roccioso
- $\nu$  = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- R = raggio della galleria – linea di riferimento

### 6.2.2 Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle

Die Stütze der Konstruktion mit Sohlplatte bzw. offener Sohle wird durch Federn mit zugehöriger Steifigkeit abhängig von der Einflussbreite „b“ der einzelnen Feder modelliert. Die Federkonstanten werden wie folgt berechnet:

Federkonstante  $c_v$  – vertikal

- $c_v = E_{Geb.} \cdot 0,5 \cdot b$

Federkonstante  $c_h$  – horizontal

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

### 6.2.2 Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo

L'appoggio della costruzione con platea oppure con fondo aperto viene modellato con molla con rigidezza relativa all'area di influenza della singola molla "b". La costante della molla si calcola come segue:

Costante della molla  $c_v$  – verticale

- $c_v = E_{Geb.} \cdot 0,5 \cdot b$

Costante della molla  $c_h$  – orizzontale

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$



### 6.3 LASTENANALYSE

Folgende Kürzel werden für die Einwirkungen benutzt:

- G = ständige Einwirkungen
- Q = vorübergehende Einwirkungen
- A = außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Brand, Anprall, Explosion)
- E = Erdbeben

#### 6.3.1 Eigengewicht G1

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des Betons ist mit  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

#### 6.3.2 Oberleitung G2

Die Oberleitungslasten werden laut Abbildung aus Sicherheitsgründen auf eine maximale Spannweite von 50 m angesetzt. Aus diesen Lasten ergeben sich die am Aufhängepunkt anzusetzenden Lasten:

- Moment von 3,80 kNm
- Horizontallast von 0,70 kN
- Vertikallast von 2,50kN

### 6.3 ANALISI DEI CARICHI

Per le azioni si utilizzano le seguenti abbreviazioni:

- G = Azioni permanenti
- Q = Azioni variabili
- A = Azioni eccezionali (per es. incendio, urto, esplosione)
- E = Azioni sismiche

#### 6.3.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ .

#### 6.3.2 Catenaria G2

Le catenarie vengono applicate per sicurezza su una distanza massima di 50 m, come nella Illustrazione. Da questi carichi derivano quelli da applicare al punto di sospensione:

- Momento di 3,80 kNm
- Carico orizzontale di 0,70 kN
- Carico verticale di 2,50kN

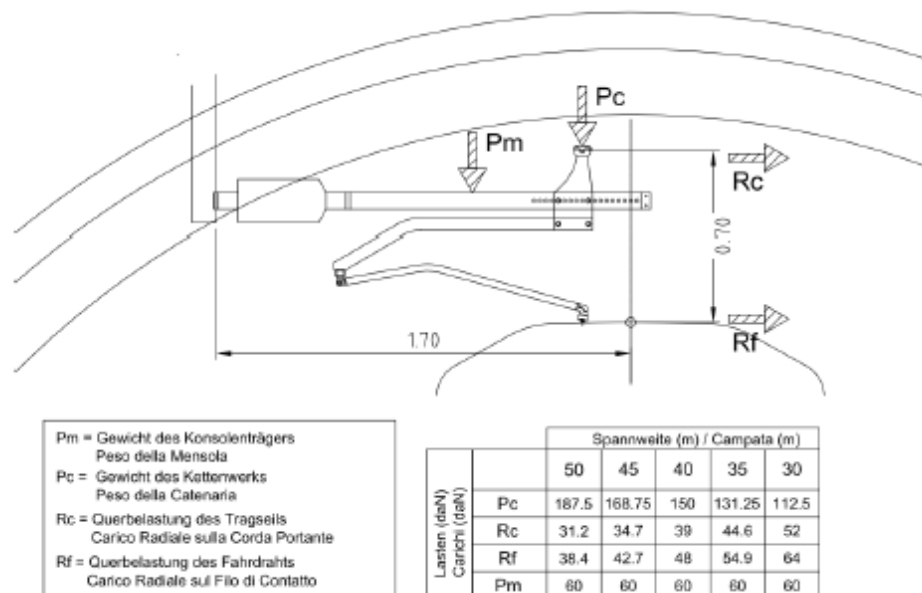


Abbildung 6: Lasten der Oberleitung

Figura 6: Carichi della catenaria

#### 6.3.3 Betonauffüllung über dem Sohlgewölbe G3

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

#### 6.3.3 Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Das spezifische Gewicht des unbewehrten Betons wird mit  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

Das spezifische Gewicht des Stahlbetons wird mit  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

Im behandelten Ausbruchquerschnitt ist keine Betonauffüllung vorhanden.

#### 6.3.4 Wasserdruck G4

Für drainierte Tunnels (druckentlastet) wird der Wasserdruck, bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe, nur vom Ende unter dem Sohlgewölbe bis auf Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten werden laut folgendes Schema angesetzt:

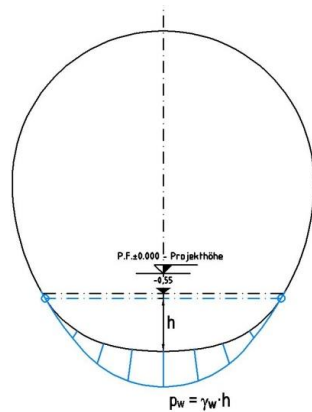


Abbildung 7: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

#### 6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast entspricht der höheren Last unter denen die aus der Bruchkörperanalyse hervorgegangen ist und aus der Last, welche in der Finite-Elemente-Analyse auf die Inneschale, nach kompletten Verfall der fiktiven Aushubs Kräfte (letzte Stufe der FDM-Analyse), wirkt. Da die gravierendste Last nicht Apriori bestimmt werden kann, sind die Analysen mit beiden Lastenverteilungen durchgeführt worden.

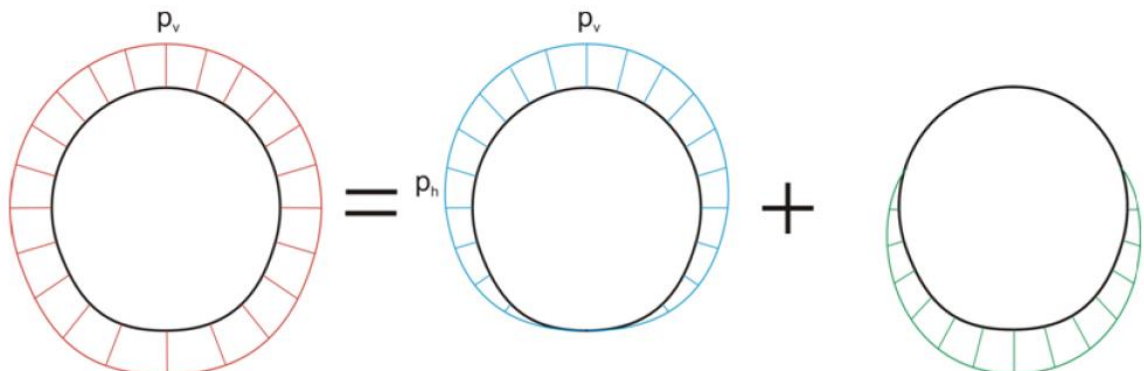


Abbildung 8: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$

#### 6.3.4 Pressione idraulica G4

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipo con arco rovescio, il carico idraulico viene considerato solo dal vertice inferiore al di sotto dell'arco rovescio fino all'altezza del drenaggio sul piedritto. Il carico idraulico viene applicato secondo il seguente schema:

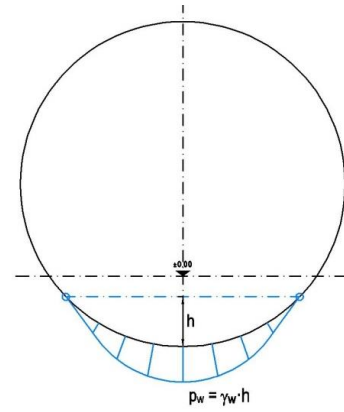


Figura 7: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

#### 6.3.5 Carico dell'ammasso G5

Il carico d'ammasso è pari al maggiore tra il carico scaturito dall'analisi a blocchi ed il carico che agisce sul rivestimento definitivo nelle analisi alle differenze finite, al completo decadimento delle forze fittizie di scavo (ultimo step delle analisi FDM). Non potendo definire a priori il carico più gravoso le analisi sono state effettuate con entrambe le distribuzioni di carico.

Figura 8: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)

### 6.3.6 Kriechen und Schwinden des Betons G6

Das Schwindmaß des Betons wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 ermittelt.

Die Kriechzahl  $\phi$  wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

Die Kriechzahl  $\phi$  wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Oberleitung)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirkt eine Längenänderung  $\Delta l$ . Diese Längenänderung (Endschwindmaß) liegt, in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung, der Rechnung zu Grunde.

Für alle Querschnitte die höher als 25 cm und aus Beton der Festigkeitsklasse C30/37 sind, ergibt sich eine Durchschnittsverformung per autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27%. Bei der Dimensionierung wurde das von der Norm vorgeschriebene 50% des Schwindens übernommen, was durch eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -13.4 C° simulierbar ist. Diese Abkühlung muss, z.B., mittels Einsatz eines funktionstüchtigen Superverflüssigungsmittels (Typ MasterGlenium von BASF), nicht-kalkhaltigen Zuschlagstoffen und Zugabe eines Expansionsmittels (Typ MasterLife SRA100 von BASF) bewirkt werden. Das angewendete System muss auf der Baustelle zuvor mit Proben geprüft werden.

Bei der Modellierung der Innenschale, insbesondere bezüglich NTC08 Kapitel 4.1.1.1, verfährt man mit einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung von -6.7° C an den GZT und von -8.9°C an den GZG.

### 6.3.7 Temperatur Q1

Die Dimensionierung der Innenschalen erfolgt, laut folgende Tabelle, unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkungen entsprechend dem Abstand zum Portal.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	3,0 - 10,0	
Temperaturgra-dient / gradiente della temperatura $\Delta T$ / [°C]	2	
$\Delta T_{eff}$ [°C]	Winter / Inverno	Sommer / Estate
	-10	10

Tabelle 10: Temperatureinwirkung Innenschale

Der Temperaturgradient  $\Delta T$  zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenfläche der Tübbingschale.

### 6.3.6 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

a deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base al paragrafo 11.2.10.6 delle NTC 2008.

Il valore di viscosità  $\phi$  si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti (G1 (peso proprio) + G2 (catenaria)).

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza  $\Delta l$  (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

Per tutte le sezioni con altezza maggiore di 25 cm e calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 risulta una deformazione media per ritiro autogeno a tempo infinito pari a 0.27%. Nel dimensionamento si è assunto il 50% del ritiro imposto dalla Normativa, simulabile mediante l'applicazione di un abbassamento uniforme della temperatura di -13.4 C°. Tale riduzione dovrà essere ottenuta, ad esempio, mediante l'utilizzo di un superfluidificante performante (tipo MasterGlenium della BASF), di inerti non calcarei e tramite l'aggiunta di un espansivo (tipo MasterLife SRA100 della BASF). Il sistema adottato dovrà essere verificato con prove preventive in cantiere.

Nella modellazione del rivestimento definitivo, con particolare riferimento al paragrafo 4.1.1.1 dell'NTC08, si procede applicando un abbassamento uniforme della temperatura di -6.7° C agli SLU e di -8.9°C agli SLE.

### 6.3.7 Temperatura Q1

Per il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si considerano azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco.

Tabella 10: Variazione termica

Il gradiente della temperatura  $\Delta T$  indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna del rivestimento in conci.

Temperaturbeanspruchungen während des Innenschalenbaus werden übergangen.

Die Wirkungen, die durch die hohen Temperaturen erzeugt werden infolge eines Brands, sind Gegenstand des Kapitels 6.3.11.

#### 6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1

Im Gegensatz zu den anderen Lastkombinationen stellt die Erdbebenlast ein wenig beeinflussenden Zustand dar und wird deshalb nicht berücksichtigt.

#### 6.3.9 Aerodynamischer Druck A1

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge in Folge der Zugsdurchfahrt sind in Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann man entnehmen, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkung) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von  $\Delta_p \text{ Druck} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta_p \text{ Sog} = - 9 \text{ kN/m}^2$  vorkommen. Da diese Einwirkungen, auch angesichts der entsprechend angepassten Teilsicherheitsfaktoren, die maßgebende Einwirkung darstellen, werden die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination mit den Einwirkungen bei außergewöhnlicher Bemessungssituation erfasst.

#### 6.3.10 Aufprall A2

Die Last des Aufpralls wird nur in den Verzweigungskavernen und den Portalen berücksichtigt. Im vorliegenden Bereich wird sie daher nicht berücksichtigt.

#### 6.3.11 Brand A3

Die Dimensionierung im Brandfall wird gemäß den Vorschriften der EN 1992-1-2 ausgeführt.

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Sicherheit in den Eisenbahntunnels, wird die Stabilität aller Bauwerke in Hinblick auf der Temperatur-Zeit Kurve laut UNI 11076 gemäß D0118-04326 "Sicherheit gegen die Brandexplosionen" gewährleistet.

Die bewehrten und unbewehrten Ausbruchquerschnitte wurden hinsichtlich eines Brandes gemäß den Kriterien des spezifischen Berichts [10] geprüft. Hier begrenzt man sich mit der Beobachtung, dass, einvernehmlich mit Tabelle D.6.3 des M.D. 16.02.2007 "Klassifizierung der Feuerbeständigkeit der Bauprodukte und -elemente für Bauwerke", ausreichende Bedingungen zur Gewährleistung der REI 120 Klasse sind:

- Stärke 's' der Strukturelemente größer als 160mm;
- Betondeckung 'a' (Achsenabstand der Bewehrung von der ausgesetzten Oberfläche) größer als 35mm.

Beide Voraussetzungen sind zufriedenstellend.

Le sollecitazioni derivanti dalla temperatura durante la costruzione dell'anello vengono trascurate.

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio sono oggetto del paragrafo 6.3.11.

#### 6.3.8 Azione sismica E1

Il carico sismico rappresenta una condizione poco influente rispetto alle altre combinazioni di carico e pertanto non viene considerata.

#### 6.3.9 Pressione aerodinamica A1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-064 „Aerodinamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di  $\Delta_p \text{ pressione} = + 11 \text{ kN/m}^2$  e  $\Delta_p \text{ aspirazione} = - 9 \text{ kN/m}^2$ . Poiché si tratta di azioni rilevanti, anche in considerazione dei relativi coefficienti parziali di sicurezza adottati, le azioni aerodinamiche si considerano solo associate in combinazione con le azioni derivanti dalla situazione di dimensionamento eccezionale.

#### 6.3.10 Urto A2

Il carico da urto è da considerare solo nelle caverne di diramazione e ai portali. Nella zona in oggetto non è pertanto considerato.

#### 6.3.11 Incendio A3

Il dimensionamento in caso di incendio si esegue in conformità alle prescrizioni della EN 1992-1-2.

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076 in conformità a D0118-04326 "Sicurezza contro le esplosioni di incendio".

Le sezioni, armate e non, sono state verificate nei confronti dell'incendio secondo i criteri esposti nella relazione specifica [10]. In questa sede ci si limita ad osservare che in accordo alla tabella D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" condizioni sufficienti affinché la classe di resistenza REI 120 sia garantita sono:

- spessore 's' degli elementi strutturali maggiore di 160mm;
- copriferro 'a' (distanza dell'asse delle armature dalla superficie esposta) maggiore di 35mm.

Entrambi i requisiti sono soddisfatti.

## 6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  berücksichtigt werden.

Die maßgebenden Einwirkungskombinationen für die Dimensionierung der Innenschale sind nachfolgend aufgezeigt (Tabelle 11):

Lastfall / Caso di carico Einwirkung skombination /Combinazioni	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht	Oberleitung	Sohibeton	Wasserdruck	Gebirgslast ohne Auftrieb	Kriechen und Schwinden	Quell-druck	Temperatur (Sommer)	Temperatur (Winter)	Verkehrslast (Zugfahrt)	Brand	Druck infolge Zugfahrt	Sog infolge Zugfahrt
	Peso proprio	Catenaria	Carichi permanent sull'arco rovescio	Carico idraulico	Carichi della roccia in condizioni asciutte	Ritiro e rilassamento	Swelling- Squeezing	Temperatura (Estate)	Temperatura (inverno)	Carico ferroviario	Fuoco	Carico aerodinamico (pressione)	Carico aerodinamico (aspirazione)
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Q1	Q1	Q2	A3	A1	A1
druckentlastet / sistema drenato	1	1.35						1.50					
		1.00						1.00					
	2	1.35					1.00		1.50				
		1.00					1.00		1.00				
	3	1.35	1.35	1.00					1.50				
		1.00	1.00	1.00					1.00				
	4	1.35	1.35	1.00				1.00		1.50			
		1.00	1.00	1.00				1.00		1.00			
	5	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35			1.50				
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00				
	6	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00			1.50			
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			1.00			
	11	1.00	1.00	1.00					0.60				1.00
	12	1.00	1.00	1.00						0.60			1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			0.60			1.00		
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					1.00		

Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale

## 6.4 COMBINAZIONE DI CARICO

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono di seguito riportate nella Tabella 11:

Tabella 11: Combinazioni di carico

## 6.5 NACHWEISE

Für den Nachweis des Grenzzustandes und der Grenzgebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Wirkungskombinationen gemäß Vorgaben des NTC2008, Abs. 2.5.3 berücksichtigt.

### 6.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

#### 6.5.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Teilsicherheitsfaktoren variieren abhängig von Kombinationen und Art der Einwirkungen. Gemäß NTC2008 werden folgende Teilsicherheitsfaktoren für ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen berücksichtigt:

$$\begin{aligned}\gamma_{Gj,inf} \text{ günstig/favorevole} &= 1,00 / 1,00 / 1,00 \\ \gamma_{Gj,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,35 / 1,20 / 1,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ günstig/favorevole} &= 0,00 / 0,00 / 0,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,50 / 1,30 / 1,00\end{aligned}$$

Angesichts der Einwirkungen aus dem Schwinden für die Überprüfung im Grenzzustand der Tragfähigkeit, wurde gemäß EC2, Teil 1, Kap. 2.4.2.1, der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{SH} = 1,0$  berücksichtigt.

## 6.5 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio dell'anello interno sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

### 6.5.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

#### 6.5.1.1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

I coefficienti parziali di sicurezza da considerare variano in funzione delle combinazioni e del tipo di azioni. In conformità alle NTC2008, per le situazioni di dimensionamento standard, temporanee ed eccezionali sono da considerarsi i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Considerando le azioni derivanti dal ritiro, per la verifica allo stato limite ultimo, si è considerato, in conformità all'EC2, parte 1, paragrafo 2.4.2.1 il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{SH} = 1,0$ .

### 6.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 müssen folgende Kombinationsbeiwerte benutzt werden:

Einwirkung /	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Druck / Sog infolge Zufahrt A1 / Pressione aerodinamica A1	0,8	0,5	0,0
Temperatur Q1 / Forze termiche Q1	0,6	0,6	0,5

Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte

### 6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigt werden.

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind abhängig von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

### 6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation werden, wie mit BBT SE vereinbart, wie folgt betrachtet, unter Berücksichtigung einer Bauwerklebensdauer von 200 Jahren:

#### Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlwiderstand  $\gamma_s = 1,20$

#### Unbewehrter Beton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruck- bzw. Zugfestigkeit:  $\alpha_{cc,pl} / \alpha_{ct,pl} = 0,80$

Für die Überprüfungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation müssen die Teilsicherheitsfaktoren mit  $\gamma_c = 1,20$  und  $\gamma_s = 1,00$  berücksichtigt werden. Der Minderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit  $\alpha$  bleibt unverändert.

### 6.5.1.5 Überprüfung auf Beulspannung

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Kap. 4.1.2.1.2.

### 6.5.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In conformità alla EN 1990 ovvero alla NTC2008 devono essere utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione:

Tabella 12: Coefficienti di combinazione

### 6.5.1.3 Combinazione delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello devono essere scelte in funzione delle effettive condizioni al contorno in situ.

### 6.5.1.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati, come concordato con BBT SE, come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni:

#### Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$  per la resistenza dell'acciaio  $\gamma_s = 1,20$

#### Calcestruzzo non armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione e a trazione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc,pl} / \alpha_{ct,pl} = 0,80$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con  $\gamma_c = 1,20$  e  $\gamma_s = 1,00$ . Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo  $\alpha$  resta invariato.

### 6.5.1.5 Verifica a pressoflessione

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.2.

Die Bemessung des unbewehrten Betons erfolgt gemäß NTC2008, Kapitel 4.1.11.1.

Per il calcestruzzo non armato si seguono le NTC 2008, par. 4.1.11.1.

Bei den unbewehrten Ausbruchquerschnitten mit hoher Exzentrizität, einvernehmlich mit dem EC2 (§12.3.1), wird der Betonzugwiderstand bis zum Planungswert  $f_{ctd}$  berücksichtigt. Die Überprüfung gilt als zufriedenstellend wenn:

Nelle sezioni non armate con un'elevata eccentricità, in accordo con l'EC2 (§12.3.1) si considera la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di progetto  $f_{ctd}$ . La verifica risulta soddisfatta se:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{J} \cdot (h/2) \leq \begin{cases} f_{ctd} \\ f_{ctd} \end{cases} \quad \text{in}$$

#### 6.5.1.6 Querkraftüberprüfung

#### 6.5.1.6 Verifica a taglio

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Kap. 4.1.2.1.3.

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.3.

Die Bemessung der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß des NTC2008, bei Prüfung folgender Ungleichung:

Per il rivestimento interno non armato si seguono le NTC 2008, verificando la seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = f_{cvd} \cdot \frac{b \cdot x}{1.5}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd}} \quad \text{per } \sigma_c \leq \sigma_{clim}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd} - \delta^2/4} \quad \text{per } \sigma_c > \sigma_{clim}$$

$$\delta = \sigma_c - \sigma_{clim}$$

$$\sigma_{clim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + f_{cd} \cdot f_{ctd}}$$

Bei den überwiegend komprimierten Ausbruchquerschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Komprimierung  $\sigma_c$  als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Ausbruchquerschnittsteil 'x' berechnet:

Nelle sezioni prevalentemente compresse, lo sforzo medio di compressione  $\sigma_c$  è calcolato come media delle compressioni nella porzione di sezione reagente 'x':

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{x} = \frac{N_{Ed}}{h - 2 \cdot e}$$

In den Ausbruchquerschnitten mit hoher Exzentrizität, konsequenterweise zur Annahme die Betonzugfestigkeit bis auf den Wert  $f_{ctd}$  zu erfassen, wird der Querkraftwiderstand des Ausbruchquerschnitts ausgewertet, indem der ganze Ausbruchquerschnitt als reagierend ( $x=h$ ) betrachtet wird, und die Spannung  $\sigma_c$  als Durchschnittsspannung des ganzen Querschnitts, sowohl komprimiert als auch gespannt, gewertet wird.

Nelle sezioni con un'elevata eccentricità, coerentemente con l'assunzione di considerare la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di  $f_{ctd}$ , la resistenza a taglio della sezione viene valutata considerando reagente l'intera sezione ( $x=h$ ) e valutando la tensione  $\sigma_c$  come tensione media nell'intera sezione, sia compressa che tesa.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$$

## 6.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

### 6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Bei der Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit müssen die charakteristischen Einwirkungen mit deren Kombinationen berücksichtigt werden.

### 6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

In Tabelle 11 befinden sich die bei Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Beiwerten. Die Kombinationsbeiwerte werden gemäß Tabelle 12 zu berücksichtigt.

### 6.5.2.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen müssen, gemäß NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  berücksichtigt werden.

### 6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Für die Überprüfung des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit werden die charakteristischen Werte der Widerstände berücksichtigt, für bewehrte Ausbruchquerschnitte gelten die Vorschriften von Kap. 4.1.22.5 der Norm NTC08.

### 6.5.2.5 Berechnung der Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt im GZG unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten.

### 6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Unter Berücksichtigung der NTC2008, wird im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die maximale Rissweite  $w_{kal}$  für die maßgebenden Einwirkungskombinationen, unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Minderungsfaktoren  $\psi$  laut Tabelle 11 nachgewiesen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Stärkeanforderung oder bei Abdichtungsvorkommen wird auf  $w_{kal} \leq 0,3$  mm begrenzt.

Bei besonderer Anforderung an Stärke der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen wird die maximale Rissweite auf  $w_{kal} \leq 0,2$  mm begrenzt.

## 6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

### 6.6.1 Expositionsklasse und Mindestbetondeckung

Gemäß UNI 11104 und UNI EN 206-1:2006, wird bei Expositionsklasse XC3/XA1 die Anwendung von Beton der Festigkeitsklasse C30/37, hingegen bei Expositionsklasse XC4/XA2 Beton der Festigkeitsklasse C32/40 vorgesehen.

## 6.5.2 Stati Limite Esercizio (SLE)

### 6.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

Nella verifica agli stati limite di esercizio devono essere considerate le azioni caratteristiche con le loro combinazioni.

### 6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 11 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 12.

### 6.5.2.3 Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

### 6.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

Per la verifica agli stati limite di esercizio delle sezioni non armate si devono considerare i valori caratteristici delle resistenze, per le sezioni armate valgono le prescrizioni al paragrafo 4.1.22.5 della norma NTC08.

### 6.5.2.5 Calcolo delle deformazioni

Il calcolo delle deformazioni del sistema si esegue allo SLE in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione.

### 6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure  $w_{kal}$  per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione  $\psi$  secondo Tabella 11. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a  $w_{kal} \leq 0,3$  mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a  $w_{kal} \leq 0,2$  mm.

## 6.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA

### 6.6.1 Classe di esposizione e copriferro minimo

In accordo alle UNI 11104 e alle UNI EN 206-1:2006, in classe di esposizione XC3 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C28/35 mentre in classe di esposizione XC4 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C32/40.



Die Berechnung der Mindestbetondeckung zur Gewährleistung der Bauwerklebensdauer >100 Jahren ist gemäß N.T.C. 2008 durchgeführt:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse	30/37	32/40
Umweltbedingungen	Normal	Aggressiv
$C_{min}$ [mm]	20	30
Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm]	+10	+10
Bauliche Toleranz [mm]	+10	+10

$C_{nom}$ [mm]	40	50
----------------	----	----

Tabelle 13: Mindestbetondeckung

Zur Einheitlichkeit ist eine Betondeckung von 5 cm entlang der ganzen Entwicklung der Tunnels vorgesehen.

#### 6.6.2 Mindestbewehrung

Im Fall einer bewehrten Innenschale, wird die Mindestbewehrung im NTC 2008, Punkt 4.1.6.1.1 bestimmt.

Die Querschnittsfläche der Längszugbewehrung darf nicht geringer sein als:

$$A_{S,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

und jedenfalls nicht geringer als  $0,0013 \times b \times d$ ,

wobei:

- $b$  = mittlere Breite der Zugzone;
- $d$  = Nutzhöhe des Querschnitts;
- $f_{ctm}$  = Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons;
- $f_{yk}$  = charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls.

Il calcolo del copriferro minimo al fine di garantire una vita utile dell'opera >100anni è condotto in accordo alle N.T.C. 2008:

	XC3	XC4
Classe di resistenza	30/37	32/40
Cond. ambientali	Normali	Aggressive
$C_{min}$ [mm]	20	30
Vita utile > 100anni [mm]	+10	+10
Tolleranza costruttiva [mm]	+10	+10

$C_{nom}$ [mm]	<b>40</b>	<b>50</b>
----------------	-----------	-----------

Tabella 13: Copriferro minimo.

Per omogeneità si prevede un copriferro netto di 5 cm lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

#### 6.6.2 Armatura minima

In caso il rivestimento necessiti di armatura il quantitativo minimo di armatura da inserire viene definito al punto 4.1.6.1.1 delle NTC 2008.

L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

e comunque non minore di  $0,0013 \times b \times d$ ,

dove:

- $b$  rappresenta la larghezza media della zona tesa;
- $d$  è l'altezza utile della sezione;
- $f_{ctm}$  è il valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo;
- $f_{yk}$  è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

## 6.7 ERGEBNISSE

Die im Anhang 5 aufgezeigte Berechnung zeigt, dass das FEM-Modell aufgrund der Wirkungssimulation, welche von der Lockerungslast des Gebirges und der Abbruchlast der Elementarblöcke herbeigeführt werden, keinen Einsatz von flexible Bewehrung benötigt.

Das Berechnungsmodell mit der Gebirgslöcherungslast fällt ohne Bedarf einer Bewehrung zusammen, zeigt aber die Bildung 3 plastischen Scharniere: eine auf Höhe des Kappenzentrums und zwei an der Basis der Verbindung zwischen Wände und Boden.

Auch das Berechnungsmodell mit der Gebirgslast aus der Bruchkörperanalyse zeigt die Bildung 3 plastischen Scharniere: eine auf Höhe des Druckpeaks des Blocks und zwei auf Höhe dessen Mindestdruck.

Dieses plastische Scharnier ermöglicht auf jeden Fall die Gewährleistung der Strukturstatik und ihre langzeitliche Funktionsfähigkeit.

## 6.7 RISULTATI

Le analisi riportate in Appendice 5 mostrano che il modello FEM per la simulazione degli effetti indotti dal carico d'allentamento dell'ammasso e del distacco di blocchi elementari non necessita l'impiego di armatura flessionale.

Il modello di calcolo con il carico d'allentamento dell'ammasso converge senza la necessità di predisporre dell'armatura, ma mostra la formazione di 3 cerniere plastiche: una in corrispondenza del centro della calotta e due alla base della connessione tra murette e platea.

Il modello di calcolo con il carico dell'ammasso derivante dall'analisi a blocchi mostra anch'esso la formazione di 3 cerniere plastiche: una in corrispondenza del picco di pressione del blocco e altre due in corrispondenza della pressione minima dello stesso.

Tali cerniere plastiche consentono comunque di garantire la staticità della struttura e la sua funzionalità nel tempo.

## 7 VERZEICHNISSE

### 7.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Geomechanische Homogene Bereiche .....	9
Tabelle 2: Charakterisierung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen (die mit [*] angegebenen Gebirge haben vorgesehene Längen von unter ca. 100m, während für die mit [**] angegebenen Gebirge stellte sich heraus, dass die Literaturwechselbeziehungen zwischen RMR und GSI nicht gültig sind: in beiden Fällen wurden die RMR und GSI Mittelwerte angewandt) .....	9
Tabelle 3: typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen .....	10
Tabelle 4: Lage der Trennflächen .....	11
Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. cf = Ortsbrustkonvergenz, ca = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, cr = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, Fplf = plastische Zone an der Ortsbrust, Fpla = plastische Zone Gleichgewicht, R = Aushubs Radius (mit 4.86m angenommen) .....	12
Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [23] [24]; cf = Ortsbrustkonvergenz; Fpf = Umfang des plastischen Streifens an der Ortsbrust; Rscavo = req = entsprechender Aushebungsradius. ....	13
Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter ....	17
Tabelle 8: Eigenschaften der Außenschale GL-T3 .....	18
Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis .....	21
Tabelle 10: Temperatureinwirkung Innenschale .....	26
Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale .....	28
Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte .....	29
Tabelle 13: Mindestbetondeckung .....	32

### 7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	14
Abbildung 2: Analyseabschnitt GL-T3 .....	17
Abbildung 3: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente	18
Abbildung 4: TKA an der Ortsbrust und am Nietungseinsatz	19
Abbildung 5: Schematisierung der Schnittstelle .....	23

## 7 ELENCHI

### 7.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee .....	9
Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi (gli ammassi indicati con [*] hanno lunghezze previste inferiori a circa 100m, mentre per quelli indicati con [**] non risultano valide le correlazioni da letteratura tra RMR e GSI; in entrambi i casi sono stati adottati i valori medi di RMR e GSI).	9
Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi	10
Tabella 4: Giacitura delle discontinuità .....	11
Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche. cf = convergenza al fronte, ca = convergenza assoluta all'equilibrio naturale, cr = convergenza relativa all'equilibrio naturale, Fplf = fascia plastica al fronte, Fpla = fascia plastica all'equilibrio naturale, R = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).	12
Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in[23] [24]; cf = convergenza al fronte; F <sub>pf</sub> = estensione della fascia plastica al fronte; R <sub>scavo</sub> = r <sub>eq</sub> = raggio equivalente di scavo. ....	13
Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati .....	17
Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase GL-T3	18
Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo .....	21
Tabella 10: Variazione termica .....	26
Tabella 11: Combinazioni di carico .....	28
Tabella 12: Coefficienti di combinazione .....	29
Tabella 13: Copriferro minimo .....	32

### 7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato .....	14
Figura 2: sezione di analisi GL-T3 .....	17
Figura 3: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi	18
Figura 4: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature .	19
Figura 5: Schematizzazione dell'interfaccia .....	23

Abbildung 6: Lasten der Oberleitung.....	24
Abbildung 7: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt 25	
Abbildung 8: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün) .....	25

Figura 6: Carichi della catenaria .....	24
Figura 7: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata.....	25
Figura 8: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde) 25	

### 7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN
- ANHANG 2 - KENNLINIEN
- ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER AUSSENSCHALE
- ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE

### 7.3 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE
- APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE
- APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI
- APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
- APPENDICE 5 - ANALSI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

### 7.4 REFERNZDOKUMENTE

### 7.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 7.4.1 Eingangsdokumente

#### 7.4.1 Documenti in ingresso

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02\_H61\_GD\_090\_GTB\_D0700\_21001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanischer Detailbericht
- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer Detailbericht
- [4] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21005 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 4/7)
- [5] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21009 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 1 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 4/7)
- [6] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22002 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanisches Prognoseprofil Oströhre (Blatt 5/7)
- [7] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02\_H61\_GD\_090\_GTB\_D0700\_21001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 1 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 2 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [4] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 4/7)
- [5] 02\_H61\_GD\_090\_GLS\_D0700\_21009 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 1 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Ovest (Tav. 4/7)
- [6] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Est (Tav. 5/7)

Mauls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanisches Prognoseprofil Weströhre (Blatt 5/7)

- [8] Technische Bearbeitung des Projekts „Geomechanischer Bericht Hauptröhren Mauls PMF Freienfeld“
- [9] Technische Bearbeitung des Projekts „Geomechanischer Bericht Erkundungsstollen Mauls-Brenner“
- [10] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke - Sicherheit gegen Feueereinwirkung

#### 7.4.2 Normen und Richtlinien

- [11] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [12] Leitfaden N.617, Vorgehensweise zur Anwendung der "Neue technische Konstruktionsnormen", laut MD 14.Januar 2008
- [13] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [14] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokument zur nationalen Umsetzung;
- [15] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [16] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [17] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Geotechnik und Dokument zur nationalen Umsetzung
- [18] UNI EN 1992-1-2:2005 „Planung von Stahlbetonbauwerke Teil 1-2: Allgemeinregelung – Brandschutz Strukturplanung“
- [19] UNI 11076: vom 1. Juli 2003, "Testmodalitäten zur Bewertung des Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall".
- [20] D.M. 16.02.2007 "Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnisse und Bauelemente für Bauwerke"

#### 7.4.3 Bibliografie

- [21] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.

[7] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione Galleria principale Ovest (Tav. 5/7)

- [8] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Canne principali Mules PMF Trens"
- [9] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Cunicolo Esplorativo Mules-Brennero"
- [10] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003- Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco

#### 7.4.2 Normative e linee guida

- [11] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [12] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [13] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [14] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [15] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [16] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [17] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [18] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [19] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".
- [20] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

#### 7.4.3 Bibliografia

- [21] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.


- [22] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [23] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [24] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [25] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [26] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [27] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [28] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [29] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [30] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [31] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [32] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [33] MIDAS GTS Manual
- [22] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method”, Eurock '96, pagg. 855-860.
- [23] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [24] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [25] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [26] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [27] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [28] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [29] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [30] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [31] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [32] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [33] MIDAS GTS Manual

## **ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN**

In Folge werden die geomechanischen Karten für die Gebirge GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g, laut Dokument [8], aufgezeigt.

## **APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE**

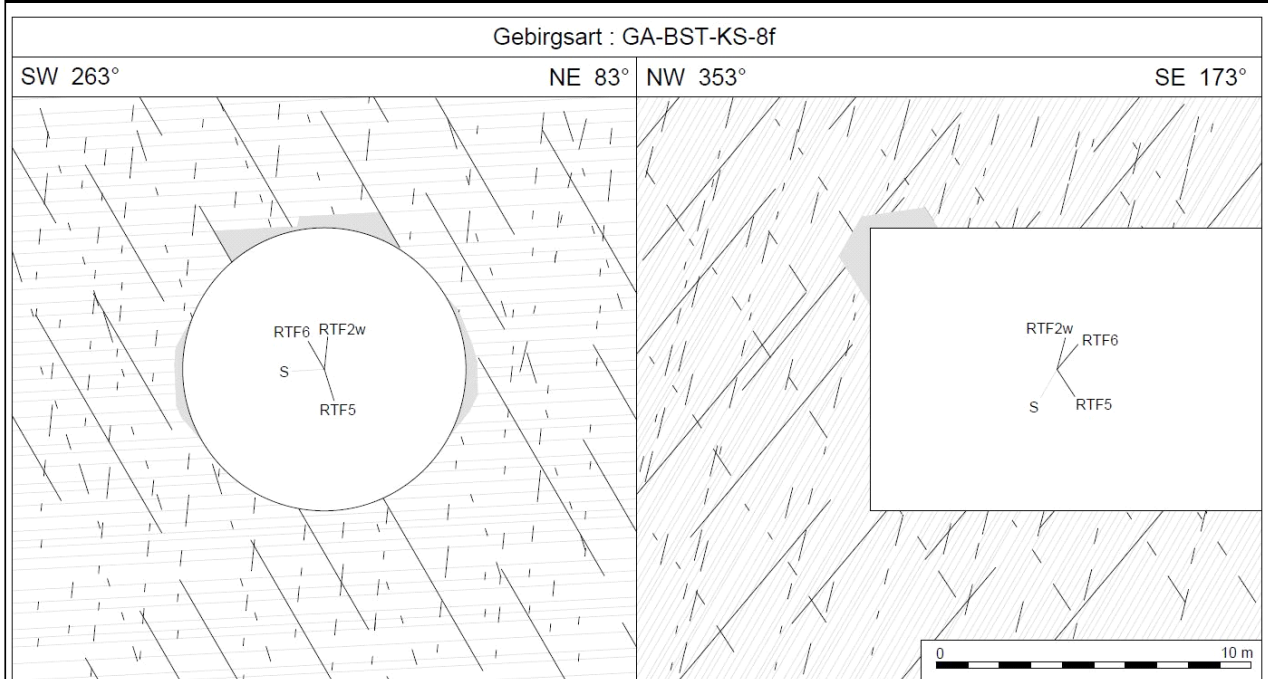
Di seguito sono riportate le schede geomeccaniche per gli ammassi rocciosi GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g secondo il Documento [8].

Geotechnische Kennwerte		Gebirgsart GA-BST-KS-8f		
Parametri geotecnici		Tipo di ammasso roccioso GA-BST-KS-8f		
Lithologie	Bündnerschieferkomplex: Dünnschichtige Wechselfolge von Glimmermarmor, Kalzitquarzit und Phyllit, Bereiche mit höherem Phyllitanteil - 531			
Litologia	Complesso dei calcescisti: alternanze poco spesse di calcescisti, quarziti calcitici e filladi, a tratti con presenza elevata di fillade - 531			
Gesteinskennwerte / Mineralogie (Labor)		Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchszahl (n)
Parametri della roccia / Mineralogia (Laboratorio)		Valore medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
$\gamma$ [MN/m <sup>3</sup> ]		0,02656	$\pm$ 0,00036	63
$\sigma_{ci}$ [MPa] med (F    sf)		41	$\pm$ 18	3
$\sigma_{ci}$ [MPa] min (F 45° sf)		24	$\pm$ 9	12
$m_i$ [-] (Hoek&Brown) aus Triax.-Druckversuch / da prova triassiale		12	$\pm$ 2	4
E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale		43000	$\pm$ 11100	15
$\nu$ [-] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale		0,21	$\pm$ 0,05	8
CAI [-]		2,7	$\pm$ 0,4	8
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ.di Qz [%]		42	$\pm$ 9	8
Quellpotential / Potenziale di swelling	keines / assente			
Trennflächeneigenschaften (Kartierung / Bohrungen)		Statistische Auswertung der Orientierungen und Eigenschaften der Trennflächen		
Proprietà delle discontinuità (Rilevamento / Sondaggi)		Elaborazione statistica delle giaciture e delle proprietà delle discontinuità		
Schieferung: Orientierung / Abstand		S: 355/60		
Scistosità: Giacitura / Spaziatura				
Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)		RTF2w: 285/85	RTF6: 050/65	
Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)		RTF5: 110/75		
Trennflächenabstände [mm]		RTF2w: 200-600	RTF6: 200-600	
Spaziatura delle discontinuità		RTF5: 200-600	S: 60-200	
Trennflächendurchgängigkeit [m]		RTF2w: <1	RTF6: 3-10	
Persistenz der Discontinuität		RTF5: <1	S: 3-10	
Trennflächenöffnung [mm]		RTF2w: 0	RTF6: 0	
Apertura della discontinuität		RTF5: 0	S: 0	
Trennflächenrauigkeit JRC [-]		RTF2w: 4-8	RTF6: 10-12	
Rugosità delle discontinuität		RTF5: 4-8	S: 4-8	
Trennflächenverwitterung (EN ISO 14689-1)				
Alterazione delle discontinuität				
Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil)				
Riempimento delle discontinuität (tipo e %)				
Trennflächenkennwerte (Labor)		Bandbreite		Versuchszahl (n)
Parametri delle discontinuität (Laboratorio)		Range		Numero di prove (n)
$\Phi_{peak/res} / \Phi_{base}$ [°] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)		44 - 46 / 19 - 36 / 30 - 31		3 / 2 / 2
$C_{peak/res}$ [MPa] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)		1,7 - 4,1 / 0,27 - 0,47		3 / 2
Gebirgskennwerte in-Situ		Bandbreite		Versuchszahl (n)
Parametri dell'ammasso roccioso in sito		Range		Numero di prove (n)
E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica): Last/carico 87,8-10,6 MPa		32500-63600		2
Gebirgskennwerte		Statistik der Indexwerte u. berechnete Festigkeits- und Verformungsparameter		
Parametri dell'ammasso roccioso		Statistica dei parametri indice e parametri di resistenza e deformabilità calcolati		
Indexwerte (Kartierung / Bohrungen)		Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchszahl (n)
Parametri indice (Rilevamento / Sondaggi)		Valori medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
RQD [%] (ISRM)		85	$\pm$	
RMR [-] (Bienaw ski, 1999)		60	$\pm$	
GSI [-] (Hoek)		50	-	-
Festigkeits- u. Verformungskennwerte (berechnet)		Kombination 1: M	Kombination 2: M - s	Kombination 3: M + s
Parametri di resistenza e deformabilità (calcolati)		Combinazione 1: M	Combinazione 2: M - s	Combinazione 3: M + s
$\sigma_c$ [MPa] (Hoek&Brown)		1,5	0,9	2,0
$\sigma_{cm}$ [MPa] (Hoek&Brown)		4,6	2,9	6,3
c [MPa] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=960m / H_{max}=1110m$		1,9 / 2,0	1,6 / 1,7	2,1 / 2,3
$\phi$ [°] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=960m / H_{max}=1110m$		27 / 26	24 / 23	30 / 28
E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006)		- / (4900) / 13200	- / (3900) / 9800	- / 5700 / 16600
Charakteristische Werte / Valori caratteristici		Inputparameter / Valori di input		
$\gamma_k$ (Gebirge / ammasso) [kN/m <sup>3</sup> ]		27,0	GSI [-] - Hoek&Brown	50
$\sigma_{ci,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]		33*	RMR [-] - Bienaw ski	60
$\sigma_{cm,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]		6,3	$\sigma_v(\gamma \cdot H_{min}/max)$ [MPa]	25,9 / 30,0
c <sub>k</sub> (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - H <sub>min</sub> /max		2,1 / 2,3	ko [-]	0,8-1,0
$\phi_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - H <sub>min</sub> /max		30 / 28		
E <sub>k</sub> (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]		5500		
Bemerkungen		*Wert: M+s (F 45° sf)		
Note		*Valore: M+s (F 45° sf)		



GA-BST-KS-8f: Gebirgsverhaltenstyp GVT 3

GA-BST-KS-8f: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 3



<b>Gebirgsarten</b>	GA-BST-KS-8f: Dünnschichtige Wechselfolge von Glimmermarmor, Kalzitquarzit u. Phyllit
<b>Tipo di ammasso roccioso</b>	GA-BST-KS-8f: Alternanze poco spessi di calcescisti, quarziti calcitici e filladi (531)
<b>Orientierung der Haupttrennflächen</b>	Steil einfallende, schleiend bzw. quer zur Tunnelachse verlaufende Trennflächen; Schieferung: mittelsteil einfallend, senkrecht zur Tunnelachse
<b>Direzione delle discontinuità principali</b>	Discontinuità ad alta inclinazione con direzione subparallela, trasversale e perpendicolare all'AT; Scistosità ad inclinazione media con direzione perpendicolare all'AT
<b>Druckhaftigkeit <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math> (Hoek 2000)</b>	$\geq 0,21$ : mittel druckhaft
<b>Rapporto di sollecitazione <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math></b>	$\geq 0,21$ : mediamente spingente
<b>Einfluss des Bergwassers</b>	vernachlässigbar
<b>Influenza della falda</b>	trascurabile
<b>Quelldruck</b>	keiner
<b>Pressione di rigonfiamento</b>	assente
<b>Gebirgsverhalten</b>	GVT 3: Spannungsbedingte Entfestigung in Hohlraumnähe durch Abscheren über Trennflä Ortsbrust (kurzfristig stabil): lokale Ausbrüche
<b>Comportamento dell'ammasso roccioso</b>	TCR 3: Allentamenti in corrisp. della cavità attraverso rottura a taglio lungo discontinuità dovuto all'alto stato tensionale Fronte di scavo (stabile a breve termine): locali distacchi di blocchi
<b>Radialdeformation</b>	< 15 cm (Kennlinienverfahren)
<b>Deformazione radiale</b>	< 15 cm (Metodo delle curve caratteristiche)
<b>Bemerkungen</b>	Überlagerung: 960 - 1110 m
<b>Note</b>	Coperatura: 960 - 1110 m

Geotechnische Kennwerte	Gebirgsart GA-BCA-GS-10g		
Parametri geotecnici	Tipo di ammasso roccioso GA-BCA-GS-10g		
Lithologie	Glimmerschiefer und Paragneis ("Paraschiefer"), untergeordnet Amphibolit, lokal Orthogneis - 801b		
Litologia	Paragneiss e micascisti ("parascisto"), subordinato anfibolite, localmente ortogneiss - 801b		
<b>Gesteinskennwerte / Mineralogie (Labor)</b>	Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchsanzahl (n)
<b>Parametri della roccia / Mineralogia (Laboratorio)</b>	Valore medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
$\gamma$ [MN/m <sup>3</sup> ]	0,02731	$\pm$ 0,00149	4
$\sigma_{ci}$ [MPa] min (F 45° sf)	75	$\pm$ 5	4
$\sigma_{ci}$ [MPa]			
$m_i$ [-] (Hoek&Brow n) geschätzt / stimato	17		
E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale	56400	$\pm$ 10900	4
$\nu$ [-] geschätzt / stimato	0,24		
CAI [-]	3,8	$\pm$ 0,5	4
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ.di Qz [%]	80	$\pm$ 8	3
Quellpotential / Potenziale di swelling	keines / assente		
<b>Trennflächeneigenschaften (Kartierung / Bohrungen)</b>	Statistische Auswertung der Orientierungen und Eigenschaften der Trennflächen		
<b>Proprietà delle discontinuità (Rilevamento / Sondaggi)</b>	Elaborazione statistica delle giaciture e delle proprietà delle discontinuità		
Schieferung: Orientierung / Abstand	S: 345/45		
Scistosità: Giacitura / Spaziatura			
Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)	RTF1: 160/80	RTF3: 300/85	
Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)	RTF2w: 255/75	RTF6: 020/80	
Trennflächenabstände [mm]	RTF1: 60-200	RTF3: 200-600	S: 60-200
Spaziatura delle discontinuità	RTF2w: 60-200	RTF6: 200-600	
Trennflächendurchgängigkeit [m]	RTF1: <1	RTF3: <1	S: 1-3
Persistenza delle discontinuità	RTF2w: <1	RTF6: 1-3	
Trennflächenöffnung [mm]	RTF1: 0	RTF3: 0	S: 0
Apertura della discontinuità	RTF2w: 0	RTF6: 0	
Trennflächenrauigkeit JRC [-]	RTF1: 10-12	RTF3: 12-14	S: 4-8
Rugosità delle discontinuità	RTF2w: 8-10	RTF6: 10-12	
Trennflächenverwitterung (EN ISO 14689-1)			
Alterazione delle discontinuità			
Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil)			
Riempimento delle discontinuità (tipo e %)			
<b>Trennflächenkennwerte (Labor)</b>	Bandbreite		Versuchsanzahl (n)
<b>Parametri delle discontinuità (Laboratorio)</b>	Range		Numero di prove (n)
$\phi_{res}$ [°] (unverw.itt. TF / Disc. inalterate)	35 - 40*		
$c_{res}$ [MPa] (unverw.itt. TF / Disc. inalterate)	0,05 - 1,0*		
<b>Gebirgskennwerte in-Situ</b>	Bandbreite		Versuchsanzahl (n)
<b>Parametri dell'ammasso roccioso in situ</b>	Range		Numero di prove (n)
E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica)			
<b>Gebirgskennwerte</b>	Statistik der Indexwerte u. berechnete Festigkeits- und Verformungsparameter		
<b>Parametri dell'ammasso roccioso</b>	Statistica dei parametri indice e parametri di resistenza e deformabilità calcolati		
<b>Indexwerte (Kartierung / Bohrungen)</b>	Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchsanzahl (n)
<b>Parametri indice (Rilevamento / Sondaggi)</b>	Valori medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
RQD [%] (ISRM)	80	$\pm$	
RMR [-] (Bieniaw ski, 1999)	60	$\pm$	
GSI [-] (Hoek)	50	-	-
<b>Festigkeits- u. Verformungskennwerte (berechnet)</b>	Kombination 1: M	Kombination 2: M - s	Kombination 3: M + s
<b>Parametri di resistenza e deformabilità (calcolati)</b>	Combinazione 1: M	Combinazione 2: M - s	Combinazione 3: M + s
$\sigma_c$ [MPa] (Hoek&Brow n)	4,5	4,2	4,8
$\sigma_{cm}$ [MPa] (Hoek&Brow n)	16,9	15,8	18,0
$c$ [MPa] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=600m / H_{med}=990m / H_{max}=1200m$	2,4 / 3,3 / 3,7	2,4 / 3,2 / 3,6	2,5 / 3,4 / 3,8
$\phi$ [°] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=600m / H_{med}=990m / H_{max}=1200m$	43 / 39 / 37	42 / 38 / 37	43 / 39 / 38
E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006)	- / 8700 / 17300	- / 8400 / 14000	- / 8900 / 20700
<b>Charakteristische Werte / Valori caratteristici</b>		<b>Inputparameter / Valori di input</b>	
$\gamma_k$ (Gebirge / ammasso) [kN/m <sup>3</sup> ]	27,0	GSI [-] - Hoek&Brow n	50
$\sigma_{ci,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	70	RMR [-] - Bienaw ski	60
$\sigma_{m,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	15,7	$\sigma_v$ ( $\gamma \cdot H_{min}/med/max$ ) [MPa]	16,2 / 26,7 / 32,4
$c_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - $H_{min}/med/max$	2,4 / 3,2 / 3,6	$k_0$ [-]	0,8-1,0
$\phi_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - $H_{min}/med/max$	42 / 38 / 37		
$E_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	8000*		
Bemerkungen	Laborergebnisse Datenblatt 801 a * Daten aus Einreichprojekt		
Note	Risultati prove di laboratorio scheda 801 a * Dati da progetto definitivo		

<b>BCA-GS-10g: Gebirgsverhaltenstyp GVT 2</b>	
<b>BCA-GS-10g: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 2</b>	
Gebirgsart : BCA-GS-10g	
SW 263°	NE 83°
NW 353°	SE 173°
<b>Gebirgsarten</b>	BCA-GS-10g: Glimmerschiefer und Paragneis, untergeordnet Amphibolit, Orthogneis - 801
<b>Tipo di ammasso roccioso</b>	BCA-GS-10g: Paragneiss e micascisti, subordinato anfibolite, loc. ortogneiss - 801b
<b>Orientierung der Haupttrennflächen</b>	Steil einfallende, schleifend, quer bzw. senkrecht zur Tunnelachse verlaufende Trennfläche Schieferung: mittelsteil einfallend, senkrecht zur Tunnelachse
<b>Direzione delle discontinuità principali</b>	Discontinuità ad alta inclinazione con direzione subparallela, trasversale e perpendicolare all'asse tunnel (AT); Scistosità ad inclinazione media con direzione perpendicolare all'AT
<b>Druckhaftigkeit <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math> (Hoek 2000)</b>	$\geq 0,48$ : nachbrüchig
<b>Rapporto di sollecitazione <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math></b>	$\geq 0,48$ : friabile
<b>Einfluss des Bergwassers</b>	vernachlässigbar
<b>Influenza della falda</b>	trascurabile
<b>Quelldruck</b>	keiner
<b>Pressione di rigonfiamento</b>	assente
<b>Gebirgsverhalten</b>	GVT 2: Oberflächliche Ablösungen und Ausbrüche entlang durchgängiger Trennflächen Ortsbrust stabil
<b>Comportamento dell'ammasso roccioso</b>	TCR 2: Distacchi superficiali e distacchi lungo discontinuità persistenti Fronte di scavo stabile
<b>Radialdeformation</b>	< 10 cm (Kennlinienverfahren)
<b>Deformazione radiale</b>	< 10 cm (Metodo delle curve caratteristiche)
<b>Bemerkungen</b>	Überlagerung: 600 - 1200 m
<b>Note</b>	Coperatura: 600 - 1200m

Geotechnische Kennwerte	Gebirgsart GA-BCA-A-10g		
Parametri geotecnici	Tipo di ammasso roccioso GA-BCA-A-10g		
Lithologie	Amfibolit - 802, untergeordnet Paragneiss und Quarzit (805)		
Litologia	Anfibolite - 802, subordinato paragneiss e quarzite (805)		
<b>Gesteinskennwerte / Mineralogie (Labor)</b>	Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchszahl (n)
<b>Parametri della roccia / Mineralogia (Laboratorio)</b>	Valore medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
$\gamma$ [MN/m <sup>3</sup> ]	0,02778	$\pm$ 0,00052	33
$\sigma_{ci}$ [MPa]	140	$\pm$ 48	11
$\sigma_{ci}$ [MPa]			
$m_i$ [-] (Hoek&Brow n) aus Triax.-Druckversuch / da prova triassiale	20	$\pm$ 6	8
E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale	53100	$\pm$ 8000	11
$\nu$ [-] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniassiale	0,24	$\pm$ 0,06	10
CAI [-]	4,33	$\pm$ 0,39	2
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ.di Qz [%]	52	$\pm$ 2,5	4
Quellpotential / Potenziale di swelling	keines / assente		
<b>Trennflächeneigenschaften (Kartierung / Bohrungen)</b>	Statistische Auswertung der Orientierungen und Eigenschaften der Trennflächen		
<b>Proprietà delle discontinuità (Rilevamento / Sondaggi)</b>	Elaborazione statistica delle giaciture e delle proprietà delle discontinuità		
Schieferung: Orientierung / Abstand	S: 345/45		
Scistosità: Giacitura / Spaziatura			
Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)	RTF1: 160/80	RTF3: 300/85	
Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)	RTF2w: 255/75	RTF6: 020/80	
Trennflächenabstände [mm]	RTF1: 60-200	RTF3: 200-600	S: 200-600
Spaziatura delle discontinuità	RTF2w: 60-200	RTF6: 200-600	
Trennflächendurchgängigkeit [m]	RTF1: <1	RTF3: <1	S: 1-3
Persistenza delle discontinuità	RTF2w: <1	RTF6: 1-3	
Trennflächenöffnung [mm]	RTF1: 0	RTF3: 0	S: 0
Apertura della discontinuità	RTF2w: 0	RTF6: 0	
Trennflächenrauigkeit JRC <sub>0</sub> [-]	RTF1: 10-12	RTF3: 12-14	S: 4-8
Rugosità delle discontinuità	RTF2w: 8-10	RTF6: 10-12	
Trennflächenverwitterung (EN ISO 14689-1)			
Alterazione delle discontinuità			
Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil)			
Riempimento delle discontinuità (tipo e %)			
<b>Trennflächenkennwerte (Labor)</b>	Bandbreite		Versuchszahl (n)
<b>Parametri delle discontinuità (Laboratorio)</b>	Range		Numero di prove (n)
$\varphi_{res} / \varphi_{base}$ [°] (unverw.itt. TF / Disc. inalterate)	35 - 39 / 27 - 30		5 / 5
$c_{res}$ [MPa] (unverw.itt. TF / Disc. inalterate)	0,03 - 0,53		5
<b>Gebirgskennwerte in-Situ</b>	Bandbreite		Versuchszahl (n)
<b>Parametri dell'ammasso roccioso in sito</b>	Range		Numero di prove (n)
E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica)			
<b>Gebirgskennwerte</b>	Statistik der Indexwerte u. berechnete Festigkeits- und Verformungsparameter		
<b>Parametri dell'ammasso roccioso</b>	Statistica dei parametri indice e parametri di resistenza e deformabilità calcolati		
<b>Indexwerte (Kartierung / Bohrungen)</b>	Mittelwert (M)	Standardabweichung (s)	Versuchszahl (n)
<b>Parametri indice (Rilevamento / Sondaggi)</b>	Valori medio (M)	Deviazione standard (s)	Numero di prove (n)
RQD [%] (ISRM)	90	$\pm$	
RMR [-] (Bieniawski, 1999)	70	$\pm$	
GSI [-] (Hoek)	65	$\pm$ 10	-
<b>Festigkeits- u. Verformungskennwerte (berechnet)</b>	Kombination 1: M	Kombination 2: M - s	Kombination 3: M + s
<b>Parametri di resistenza e deformabilità (calcolati)</b>	Combinazione 1: M	Combinazione 2: M - s	Combinazione 3: M + s
$\sigma_c$ [MPa] (Hoek&Brow n)	19,9	7,4	46,8
$\sigma_{cm}$ [MPa] (Hoek&Brow n)	46,7	20,9	88,3
c [MPa] (Mohr-Coulomb): H <sub>min</sub> =600m / H <sub>med</sub> =990m / H <sub>max</sub> =1200m	4,5 / 5,8 / 6,5	2,8 / 3,7 / 4,2	7,0 / 8,8 / 9,7
$\varphi$ [°] (Mohr-Coulomb): H <sub>min</sub> =600m / H <sub>med</sub> =990m / H <sub>max</sub> =1200m	52 / 49 / 47	44 / 40 / 38	58 / 55 / 54
E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006)	- / 23700 / 33500	- / 12800 / 18400	- / 42200 / 50700
<b>Charakteristische Werte / Valori caratteristici</b>	Inputparameter / Valori di input		
$\gamma_k$ (Gebirge / ammasso) [kN/m <sup>3</sup> ]	28,0	GSI [-] - Hoek&Brow n	55
$\sigma_{ci,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	92*	RMR [-] - Bienawski	70
$\sigma_{cm,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	24,8	$\sigma_v$ ( $\gamma \cdot H_{min}/med/max$ ) [MPa]	16,8 / 27,8 / 33,6
$c_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - H <sub>min</sub> /med/max	3,0 / 4,1 / 4,6	$k_0$ [-]	0,8-1,0
$\varphi_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - H <sub>min</sub> /med/max	47 / 43 / 41		
E <sub>k</sub> (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	12000		
Bemerkungen	*Wert: M-s		
Note	*Valore: M-s		

<b>BCA-A-10g: Gebirgsverhaltenstyp GVT 2</b>	
<b>BCA-A-10g: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 2</b>	
Gebirgsart : BCA-A-10g	
SW 263°	NE 83° NW 353° SE 173°
<b>Gebirgsarten</b>	BCA-A-10g: Amphibolit - 802, untergeordnet Paragneis und Quarzit (805)
<b>Tipo di ammasso roccioso</b>	BCA-A-10g: Anfibolite - 802, subordinato paragneiss e quarzite (805)
<b>Orientierung der Haupttrennflächen</b>	Steil einfallende, schleifend, quer bzw. senkrecht zur Tunnelachse verlaufende Trennfläche Schieferung: mittelsteil einfallend, senkrecht zur Tunnelachse
<b>Direzione delle discontinuità principali</b>	Discontinuità ad alta inclinazione con direzione subparallela, trasversale e perpendicolare all'AT; Scistosità ad inclinazione media con direzione perpendicolare all'AT
<b>Druckhaftigkeit <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math> (Hoek 2000)</b>	$\geq 0,74$ : nachbrüchig
<b>Rapporto di sollecitazione <math>\sigma_{cm,k}/\sigma_{max}</math></b>	$\geq 0,74$ : friabile
<b>Einfluss des Bergwassers</b>	vernachlässigbar
<b>Influenza della falda</b>	trascurabile
<b>Quelldruck</b>	keiner
<b>Pressione di rigonfiamento</b>	assente
<b>Gebirgsverhalten</b>	GVT 2: Oberflächliche Ablösungen und Ausbrüche entlang durchgängiger Trennflächen Ortsbrust stabil
<b>Comportamento dell'ammasso roccioso</b>	TCR 2: Distacchi superficiali e distacchi lungo discontinuità persistenti Fronte di scavo stabile
<b>Radialdeformation</b>	< 10 cm (Kennlinienverfahren)
<b>Deformazione radiale</b>	< 10 cm (Metodo delle curve caratteristiche)
<b>Bemerkungen</b>	Überlagerung: 990 - 1200 m
<b>Note</b>	Coperatura: 990 - 1200 m

## ANHANG 2 - KENNLINIEN

In Folge werden die für die Gebirge GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g die Kennlinien aufgezeigt, durch denen es möglich war folgendes zu bewerten:

- Radialer Druck – Konvergenz.
- Konvergenz – Ortsbrustabstand.
- Radialer Druck – Ausdehnung der Plastischen Zone über das Ausbruchprofil hinaus.
- Ortsbrustabstand – Ausdehnung der Plastischen Zone über das Ausbruchprofil hinaus.
- Ortsbrustabstand – Trägheitskräfte des Ausbruchs

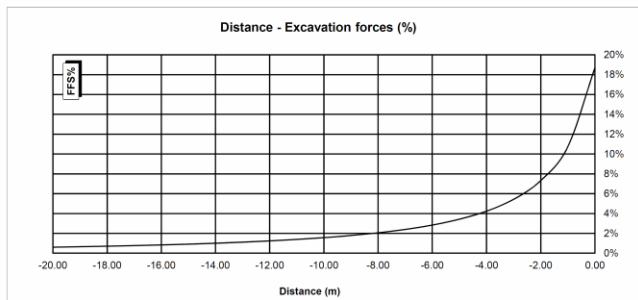
Die Kurve „Konvergenz – Ortsbrustabstand“ ist mittels eines vereinfachten analytischen Prozesses herausgearbeitet worden, welcher die vorgeschlagenen Verhältnisse von Nguyen, Minh et al. [22] nützt.

## APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

Di seguito sono riportate le curve caratteristiche per gli ammassi rocciosi GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g, mediante le quali è stato possibile valutare:

- Pressione Radiale – Convergenza.
- Convergenza – Distanza dal Fronte.
- Pressione Radiale – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal fronte – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal Fronte – Forze Fittizie di Scavo

La curva “Convergenza – Distanza dal fronte” è stata ricavata attraverso un procedimento analitico semplificato che sfrutta le relazioni proposte da Nguyen, Minh et al. [22].

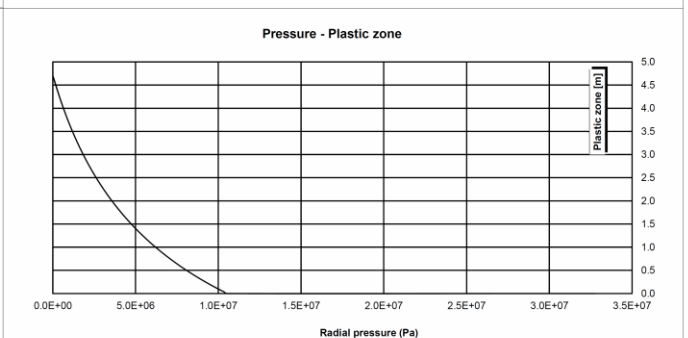
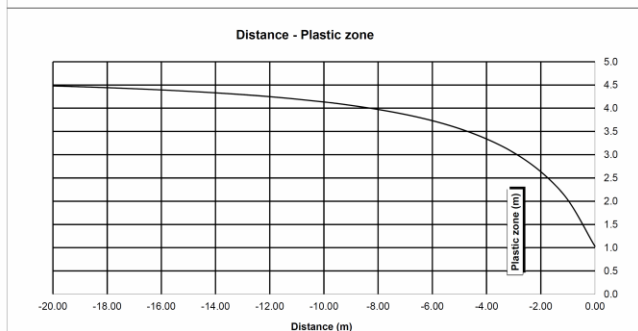
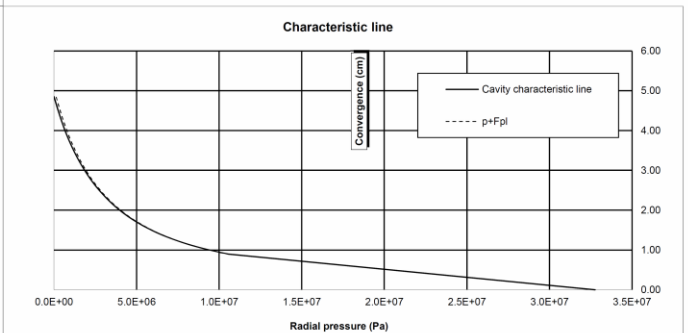
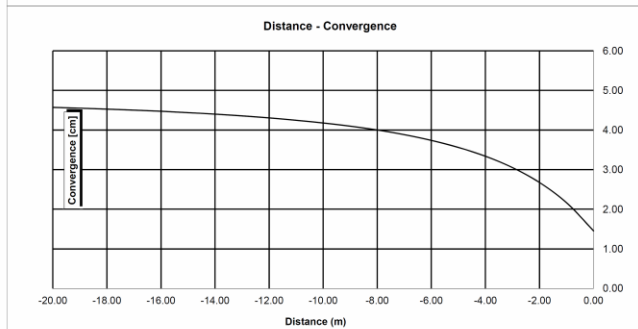


14\_GA-BCA-GS-10g

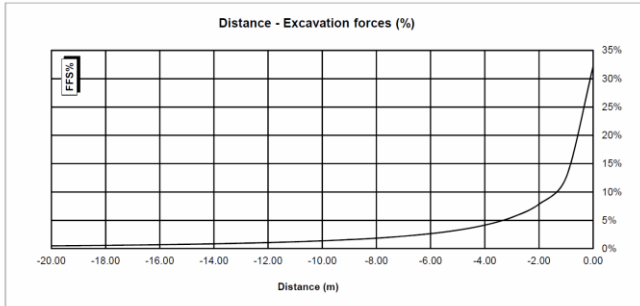
INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27300	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	4.9
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	3.4
Peak internal friction angle [°]	36.23	Plastic zone thickness [m]	4.7
Post peak internal friction angle [°]	28.85	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Peak cohesion [Pa]	3535000	Convergence [cm]	1.5
Post peak cohesion [Pa]	2274000	1 - (deconfinement ratio) [%]	18.7%
Deformation modulus [Pa]	1.55E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	4.53		

c(face) / Radius	0.30 [%]
c(total) / Radius	1.00 [%]
c(after excav.) / Radius	0.70 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	21.2 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	97.4 [%]



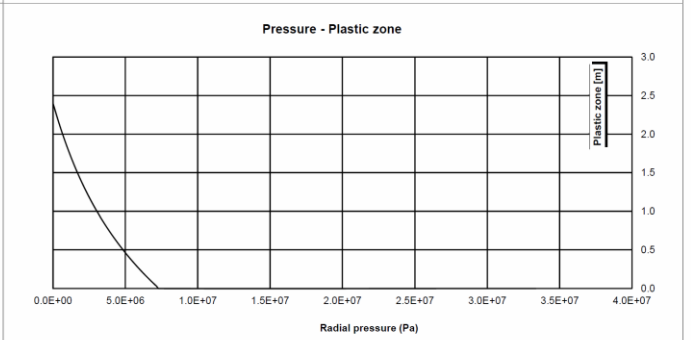
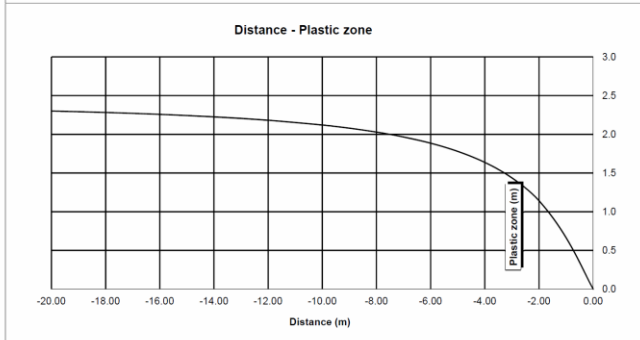
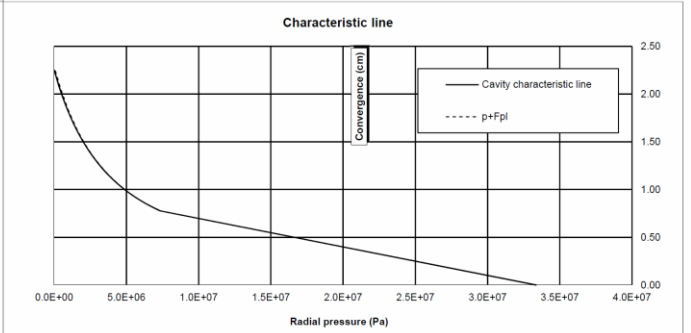
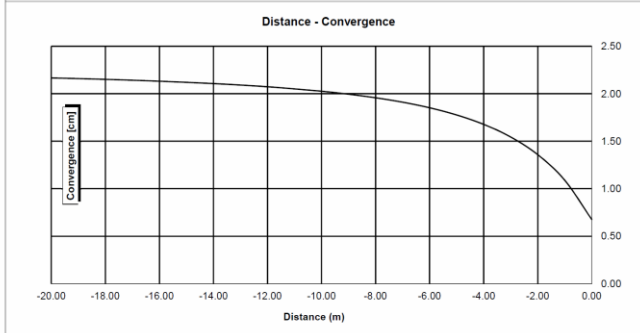
14\_GA-BCA-A-10g



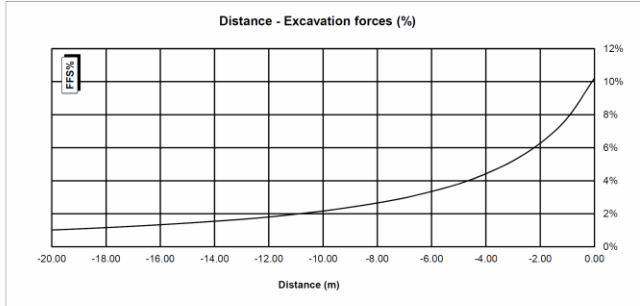
INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27800	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	2.3
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	1.6
		Plastic zone thickness [m]	2.4
Peak internal friction angle [°]	42.21	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak internal friction angle [°]	33.15	Convergence [cm]	0.7
Peak cohesion [Pa]	4887000	1 - (deconfinement ratio) [%]	32.2%
Post peak cohesion [Pa]	2900000		
Deformation modulus [Pa]	2.11E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	6.86		

c(face) / Radius	0.14 [%]
c(total) / Radius	0.47 [%]
c(after excav.) / Radius	0.33 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	0.0 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	49.8 [%]



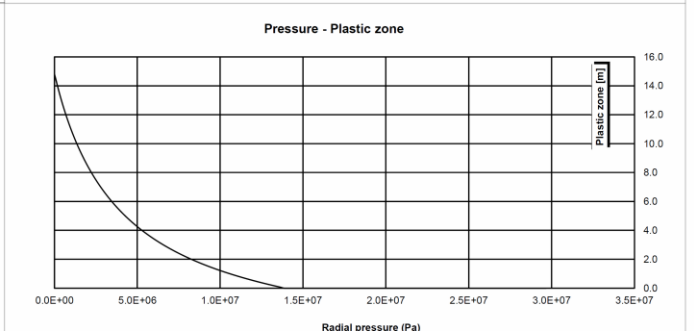
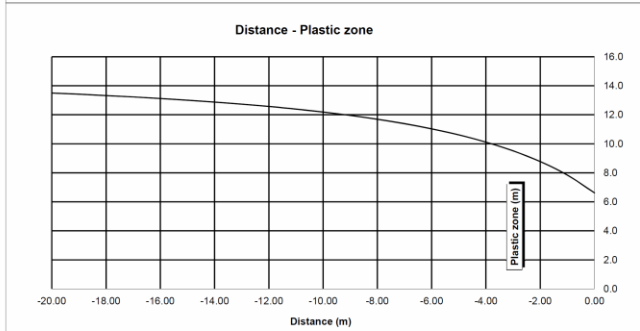
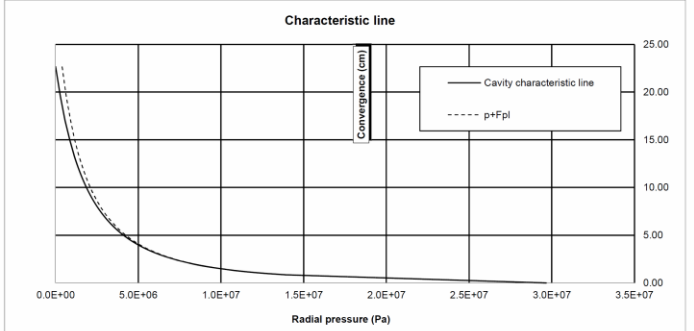
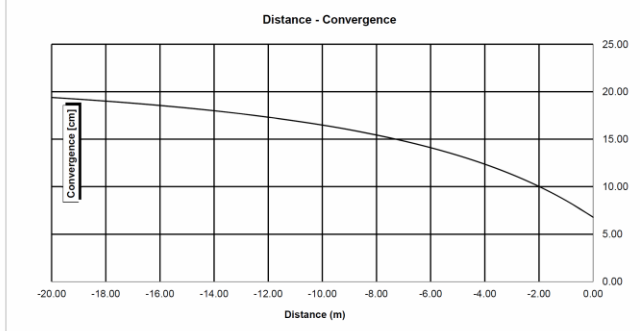
13\_GA-BST-KS-8f



INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	26600	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1115	Total convergence [cm]	22.7
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	15.9
		Plastic zone thickness [m]	14.8
Peak internal friction angle [°]	27.69	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak internal friction angle [°]	21.15	Convergence [cm]	6.8
Peak cohesion [Pa]	2193000	1 - (deconfinement ratio) [%]	10.2%
Post peak cohesion [Pa]	1392000		
Deformation modulus [Pa]	1.15E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	3.50		

c(face) / Radius	1.40 [%]
c(total) / Radius	4.68 [%]
c(after excav.) / Radius	3.28 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	136.8 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	306.6 [%]





### **ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE**

Anhang 3 zeigt die Ergebnisse der Bruchkörperanalyse die mit dem Berechnungsprogramm UNWEDGE 3.0 ausgeführt wurden. Die Tabellen zeigen den Mindestsicherheitsfaktor jeder Unstetigkeits-Dreiergruppe, welche die einzelnen homogenen Strecken charakterisiert; hingegen sind nur die Ergebnisse der gravierendsten Unstetigkeits-Dreiergruppen in graphischer Form dargestellt.

### **APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI**

L'appendice 3 riporta i risultati delle analisi a blocchi condotte con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0. Nelle tabelle è riportato il fattore di sicurezza minimo per ciascuna terna di discontinuità caratterizzanti le singole tratte omogenee mentre in forma grafica sono riportati solo i risultati della terna di discontinuità più gravosa.

Rock mass

BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L1 - advance per round: 4.5 m (counted with 5 m)

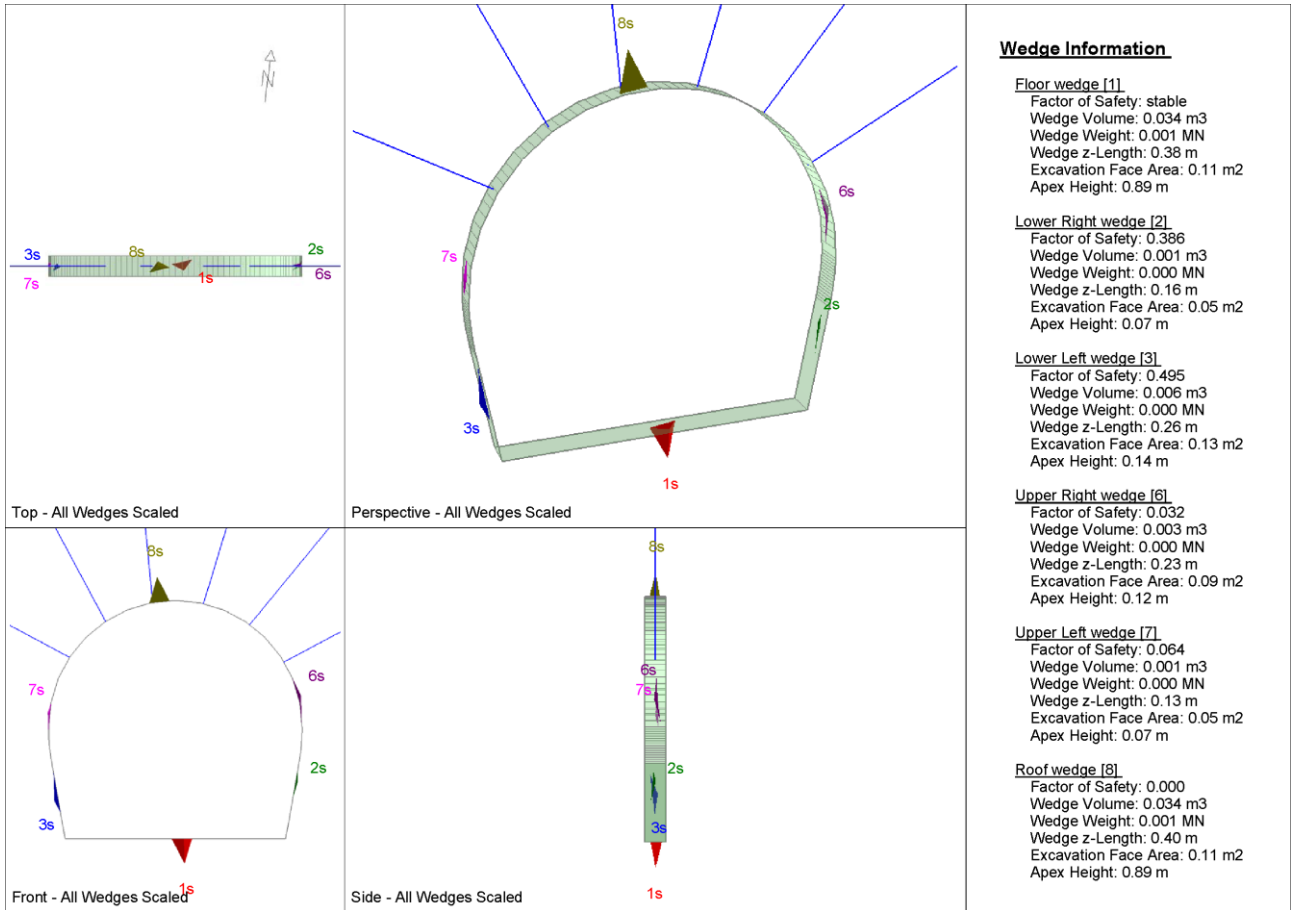
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swellex Pm24	$N_{yd}$	174	kN

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	3	4	5	0	0	0	N
2	1	2	4	0	0.001	0.02	X1
3	1	3	4	0	0	0.001	X1
4	2	4	5	0	0.001	0.034	X1
5	1	4	5	0.032	0	0.003	X1
6	1	2	3	0.064	0	0.001	X1
7	1	2	5	0.064	0.001	0.023	X1
8	1	3	5	0.064	0	0.006	X1
9	2	3	5	0.064	0	0	N
10	2	3	4	0.22	0	0	N



Rock mass  
 BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L2

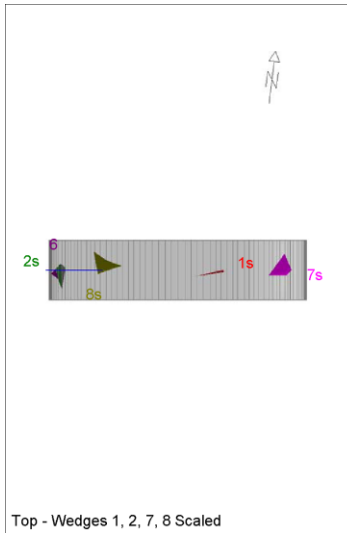
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

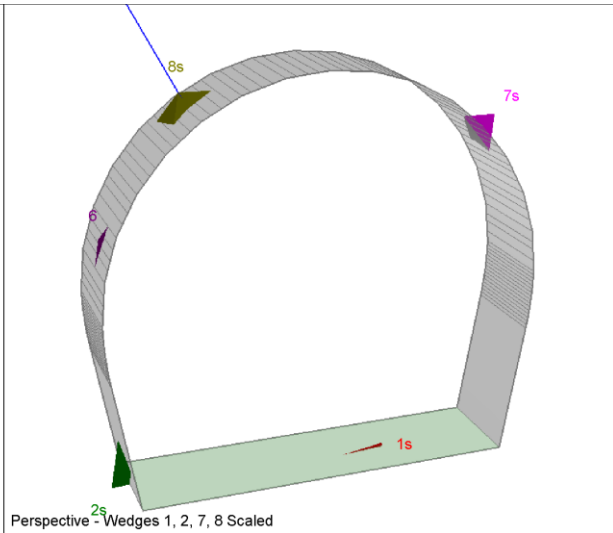
1.8            x            1.5            m  
 L              =            4.5            m  
 Swellex Pm24     $N_{yd}$             174            kN  
 Shotcrete lining    10              cm            (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

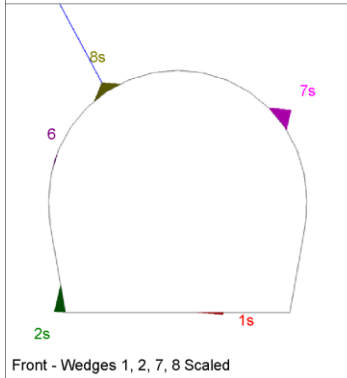
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1	1	2	3	98.34	0.002	0.069	S	0.57
2	1	4	5	112.14	0.003	0.099	S	0.64
3	2	4	5	128.356	0.001	0.034	S	0.89
4	3	4	5	146.977	0.001	0.023	S	0.93
5	1	3	4	159.937	0	0.017	S	0.20
6	1	2	5	163.932	0.003	0.125	S	0.69
7	1	3	5	177.585	0.001	0.041	S	0.60
8	1	2	4	188.6	0.001	0.02	S	0.37
9	2	3	5	195.326	0.001	0.051	S	0.87
10	2	3	4	1028.609	0	0	N	0.94



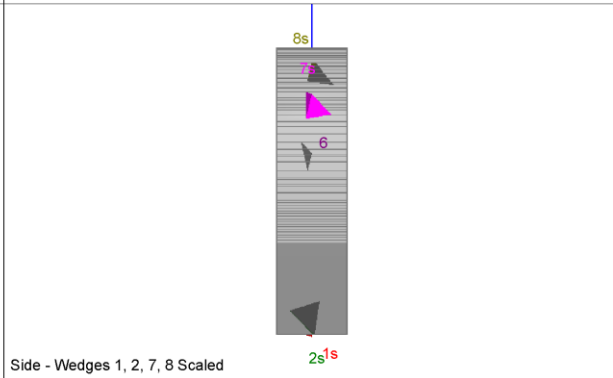
Top - Wedges 1, 2, 7, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 2, 7, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 2, 7, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 2, 7, 8 Scaled

**Wedge Information**

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 0.001 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.22 m  
 Excavation Face Area: 0.04 m2  
 Apex Height: 0.07 m

Lower Left wedge [2]

Factor of Safety: 1760.202  
 Wedge Volume: 0.053 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.86 m  
 Excavation Face Area: 0.41 m2  
 Apex Height: 0.39 m

Upper Left wedge [6]

Factor of Safety: 232.136  
 Wedge Volume: 0.001 m3  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.32 m  
 Excavation Face Area: 0.11 m2  
 Apex Height: 0.03 m

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 98.340  
 Wedge Volume: 0.069 m3  
 Wedge Weight: 0.002 MN  
 Wedge z-Length: 0.75 m  
 Excavation Face Area: 0.37 m2  
 Apex Height: 0.57 m

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 172.577  
 Wedge Volume: 0.044 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.78 m  
 Excavation Face Area: 0.37 m2  
 Apex Height: 0.36 m

Rock mass  
 BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area tunnel face

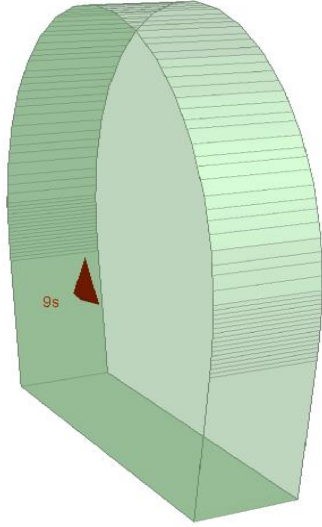
		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c	$\varphi_d$
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	45	345	3	20	0	16.23
J2	RTF1	80	160	1	20	0	16.23
J3	RTF2w	75	255	1	20	0	16.23
J4	RTF3	85	300	1	20	0	16.23
J5	RTF6	80	20	3	20	0	16.23

Shotcrete lining      5                      cm      (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

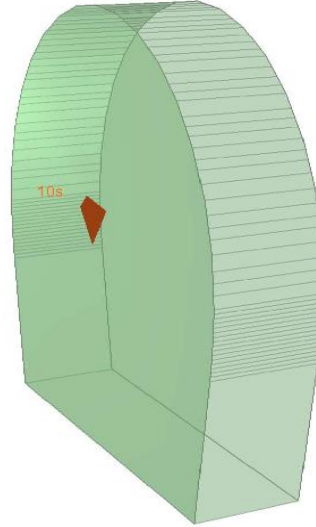
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	71.781	0.001	0.022	S
2	1	2	4	90.563	0.001	0.019	S
3	1	4	5	114.623	0	0.009	S
4	1	3	5	144.94	0	0.01	S
5	2	4	5	203.803	0	0.003	S
6	2	3	5	210.647	0	0.003	S
7	1	2	5	212.669	0	0.002	S
8	3	4	5	418.707	0	0.002	S
9	1	3	4	479.509	0	0	N
10	2	3	4	1741.805	0	0	N

Near End wedge [9] Scaled  
FS: 156.908



Volume: 0.022 m3, Weight: 0.001 MN, z-Length: 0.00 m, Excavation

Far End wedge [10] Scaled  
FS: 71.781



Volume: 0.022 m3, Weight: 0.001 MN, z-Length: 0.00 m, Excavation

**Wedge Information**

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 156.908  
Wedge Volume: 0.022 m3  
Wedge Weight: 0.001 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Excavation Face Area: 0.38 m2  
Apex Height: 0.17 m

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 71.781  
Wedge Volume: 0.022 m3  
Wedge Weight: 0.001 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Excavation Face Area: 0.38 m2  
Apex Height: 0.17 m

## ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER AUSSENSCHALE

Im vorliegenden Anhang werden die wichtigsten Outputs der Finite-Elemente-Analysen des Ausbruchquerschnitts GL T3 aufgezeigt, welche mit dem Berechnungsprogramm Midas GTS durchgeführt wurden.

## APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione GL T3 effettuate con il programma di calcolo Midas GTS.

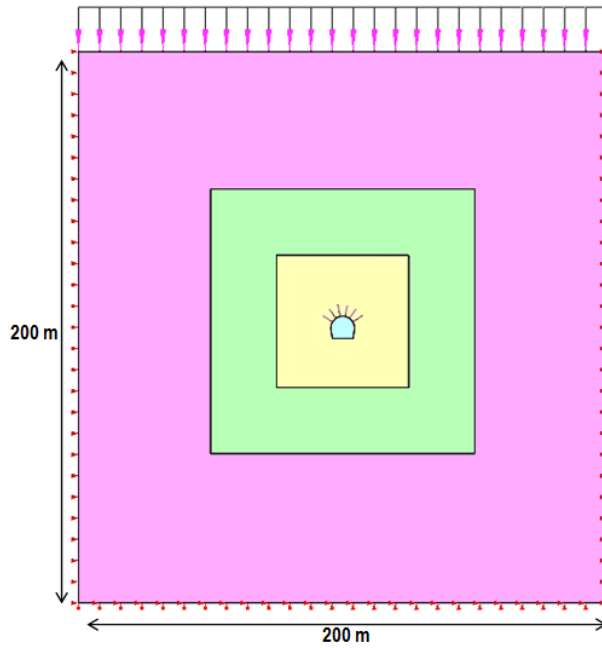


Abbildung 1: Numerisches Modell

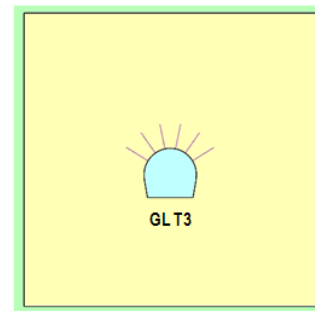


Illustrazione 1: Modello numerico



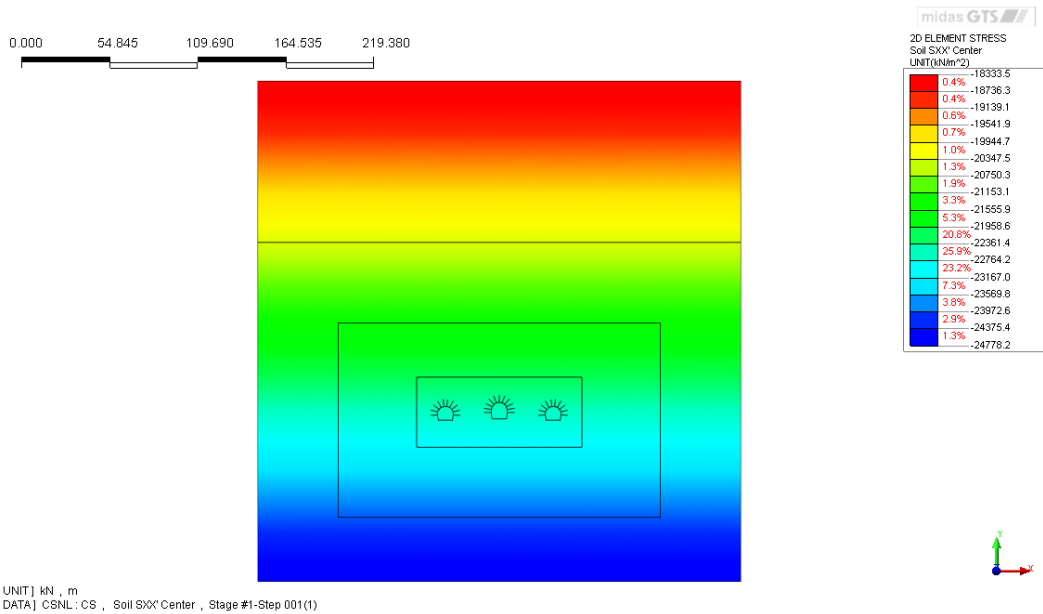


Abbildung 2: Lithostatische Phase – vertikale Spannungen [kN/m<sup>2</sup>]

Illustrazione 2: Fase litostatica - tensioni verticali [kN/m<sup>2</sup>]

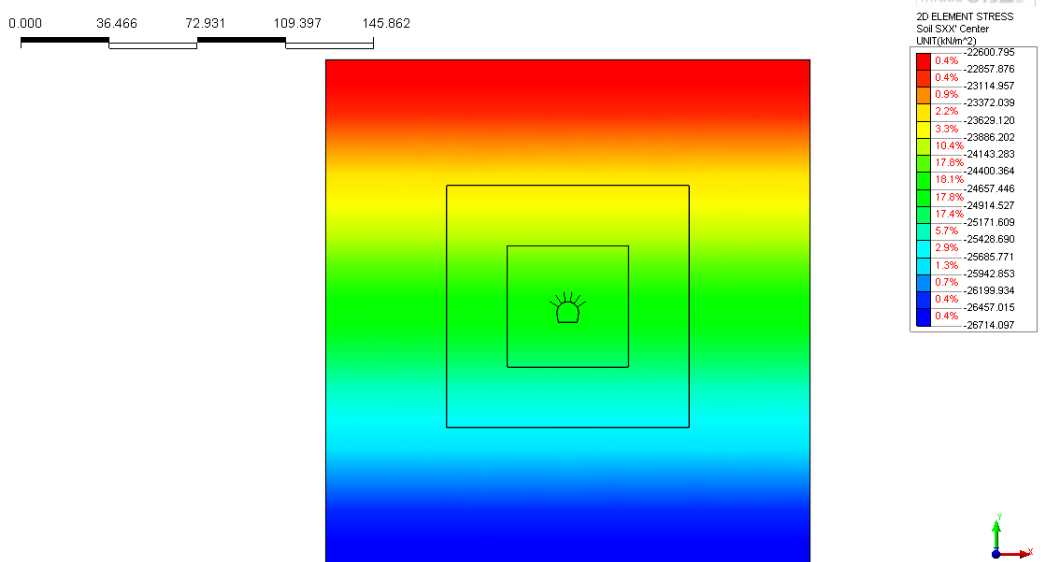


Abbildung 3: Lithostatische Phase – horizontale Spannungen [kN/m<sup>2</sup>]

Illustrazione 3: Fase litostatica - tensioni orizzontali [kN/m<sup>2</sup>]

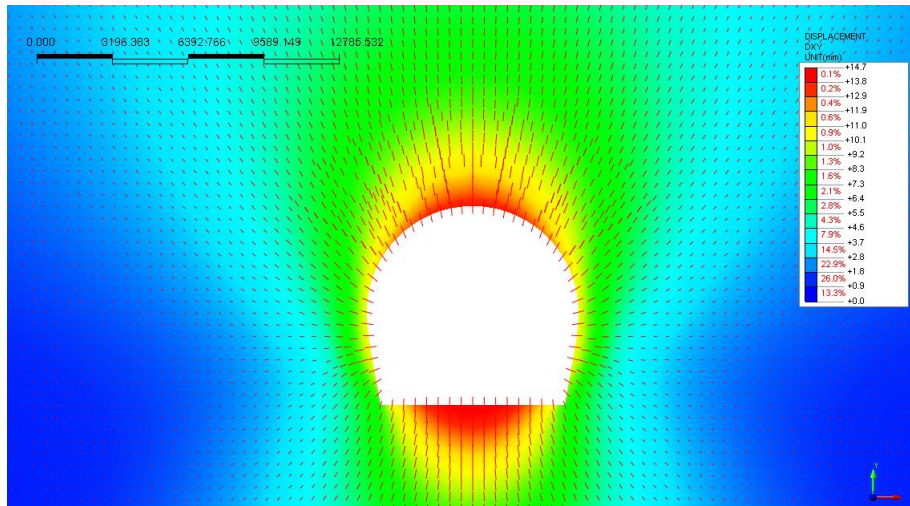


Abbildung 4: Ortsbrustverschiebungen xy [mm]

Illustrazione 4: Spostamenti xy [mm] al fronte

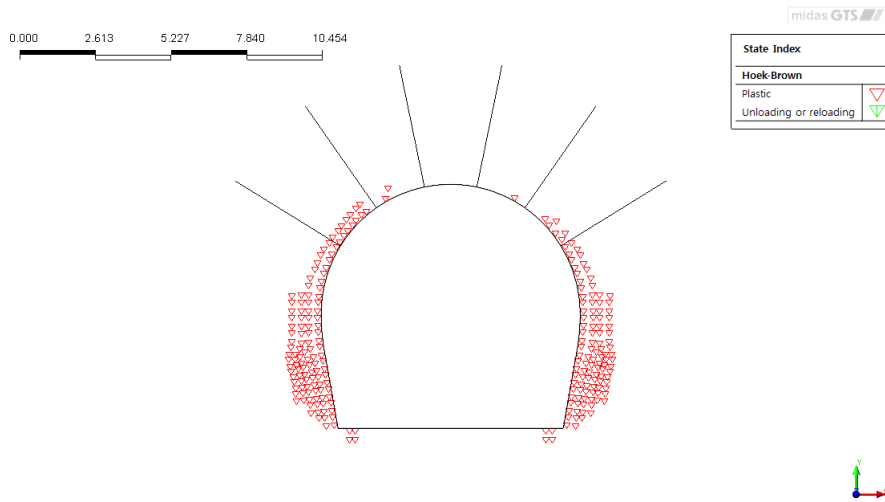


Abbildung 5: Das Plastischwerden an der Ortsbrust

Illustrazione 5: Plasticizzazione al fronte

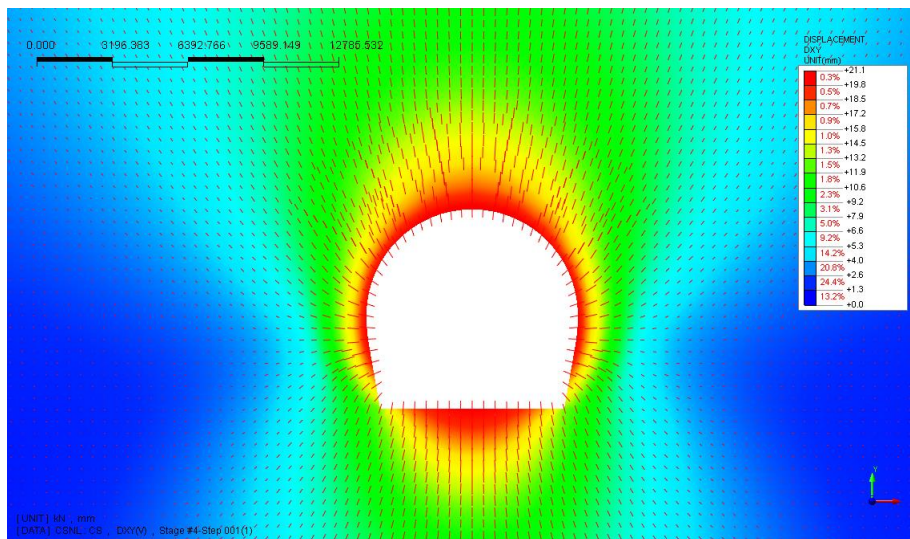


Abbildung 6: Ortsbrustverschiebungen xy [mm] an 4.5m von der Ortsbrust entfernt

Illustrazione 6: Spostamenti xy [mm] a 4.5m dal fronte

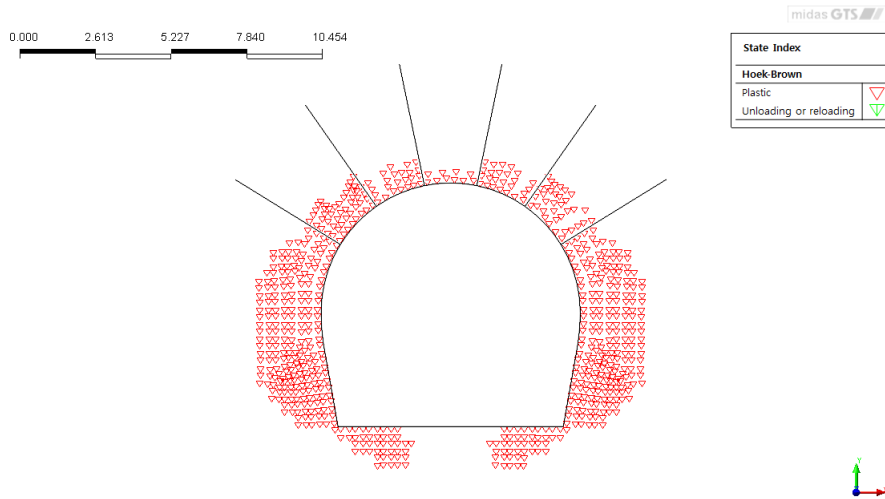


Abbildung 7: Das Plastischwerden an 4.5m von der Ortsbrust entfernt

Illustrazione 7: Plasticizzazioni a 4.5m dal fronte

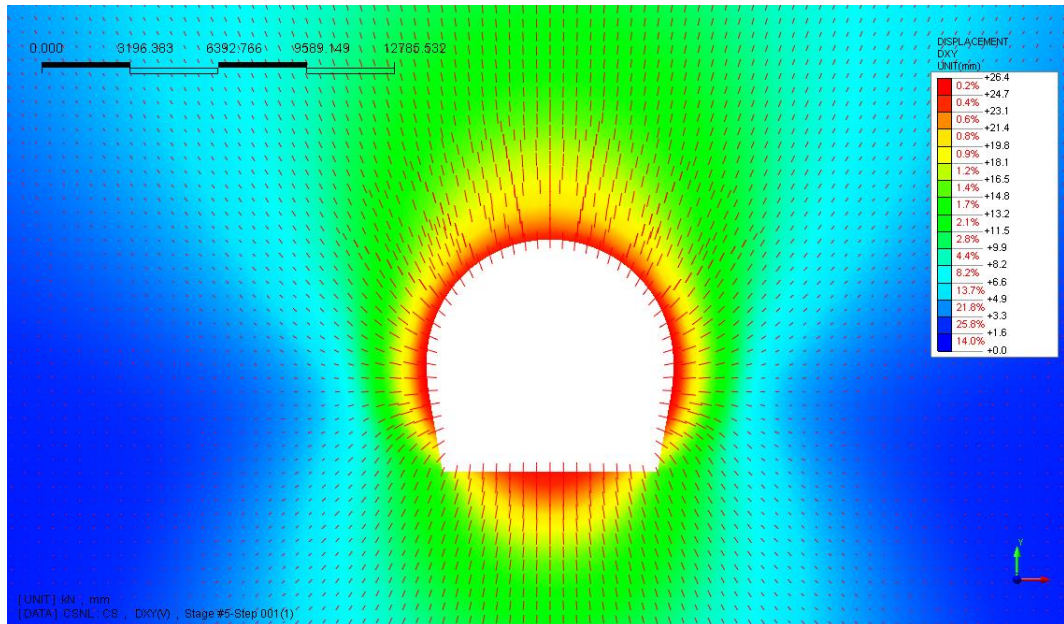


Abbildung 8: Ortsbrustverschiebungen xy [mm] am Aushubsende

Illustrazione 8: Spostamenti xy [mm] fine scavo

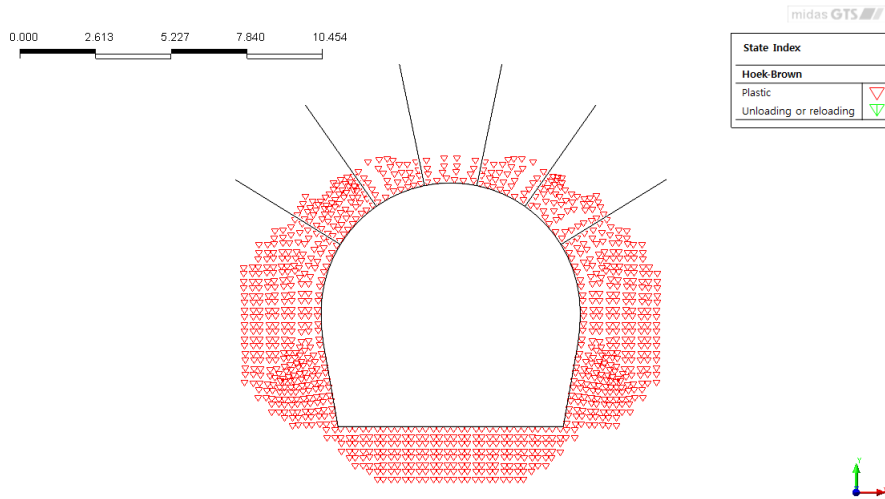


Abbildung 9: Das Plastischwerden am Aushubsende

Illustrazione 9: Plasticizzazioni fine scavo

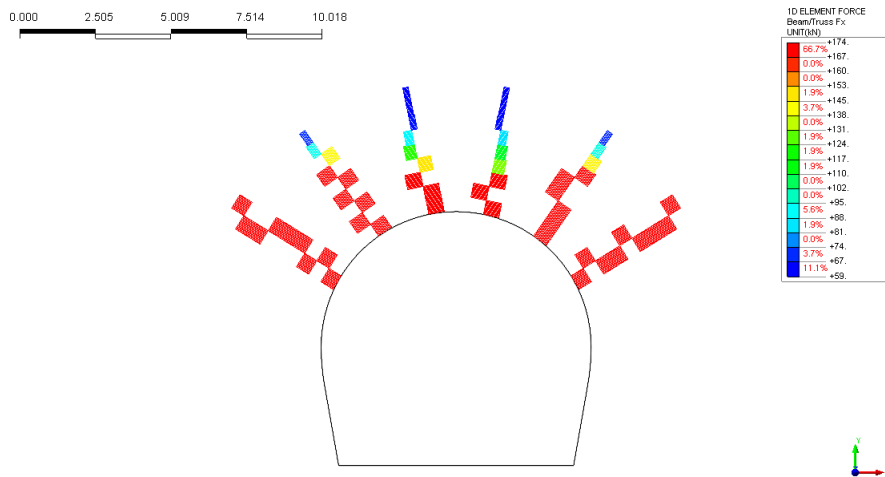


Abbildung 10: Axiale Wirkung an den Nieten [kN]

Illustrazione 10: Azione assiale nei chiodi [kN]

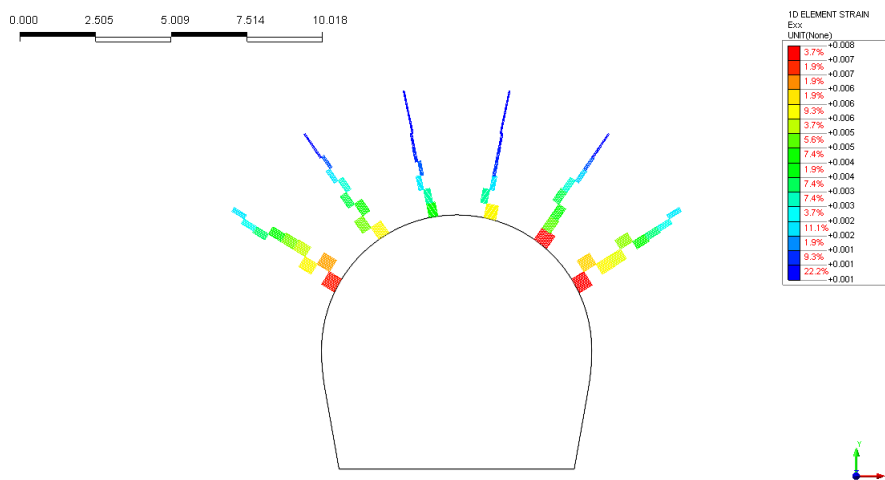


Abbildung 11: Axiale Verformung an den Nieten [-]

Illustrazione 11: Deformazione assiale nei chiodi [-]

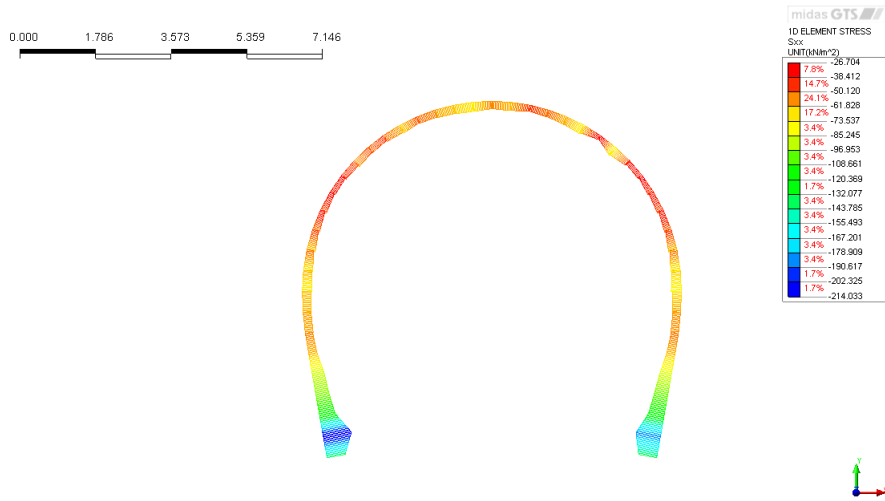


Abbildung 12: Normale Drucke auf die Innenschale (GL-T3)

Illustrazione 12: Pressioni normali sul rivestimento definitivo (GL-T3)

## **ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE**

Anhang 5 beinhaltet, neben den abgemessenen GZT- und GZG-Überprüfungen der Ausbruchquerschnitte, die graphischen Darstellungen der wichtigsten In- und Outputs der Innenschalenberechnungen, die mit dem Programm MIDAS Gen durchgeführt wurden.

## **APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

L'appendice 5 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo condotte con il programma MIDAS Gen, oltre alle opportune verifiche sezionali allo SLU e SLE.

### A.5.1. General parameters of structure

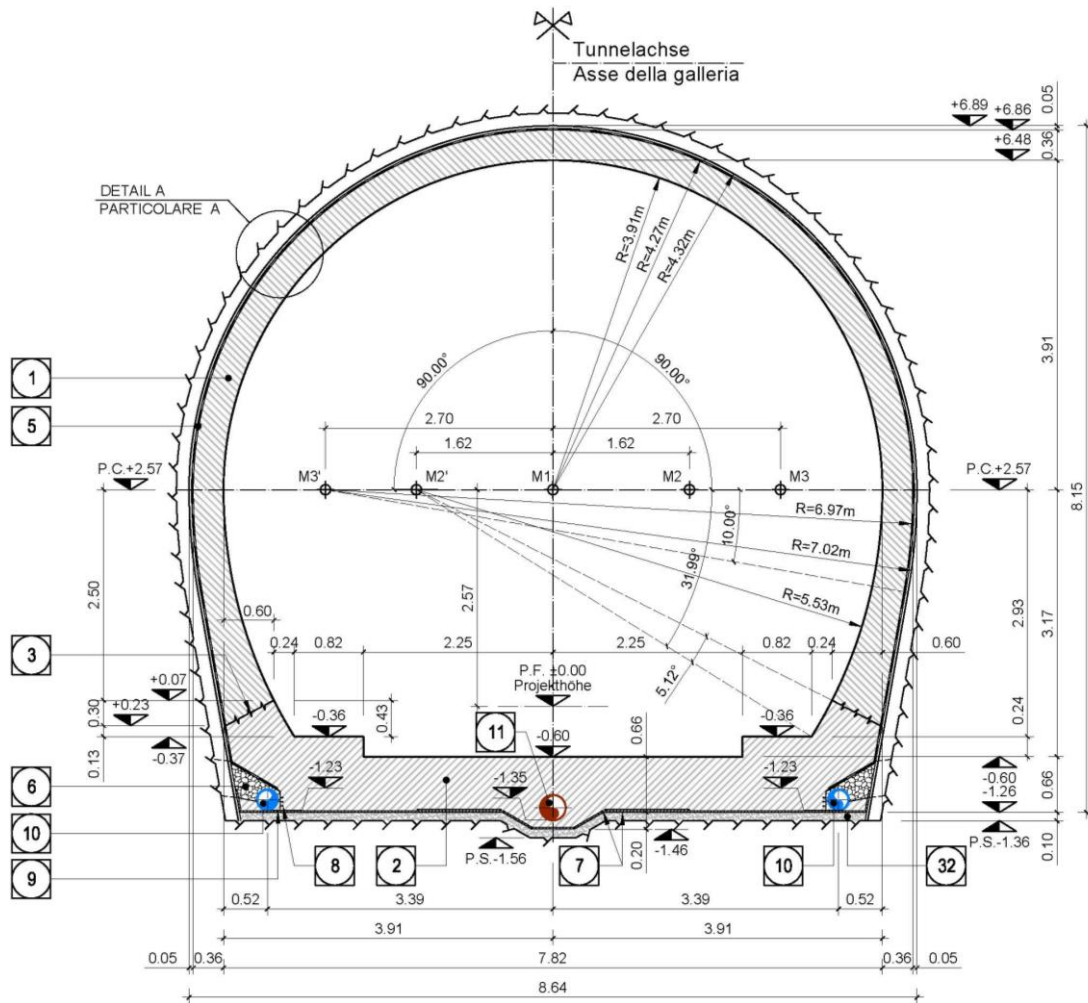


Figure 1 GL T2-T3 cross section

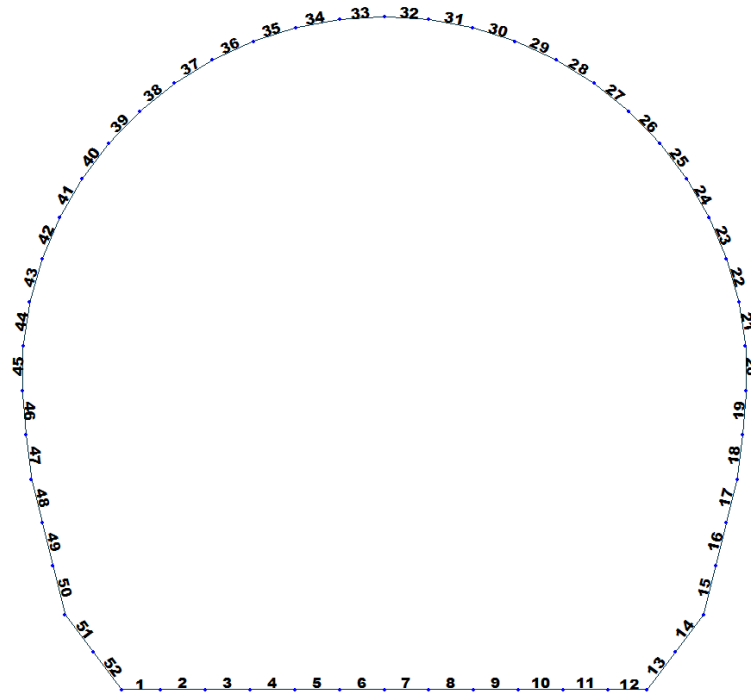


Figure 2 Elements number

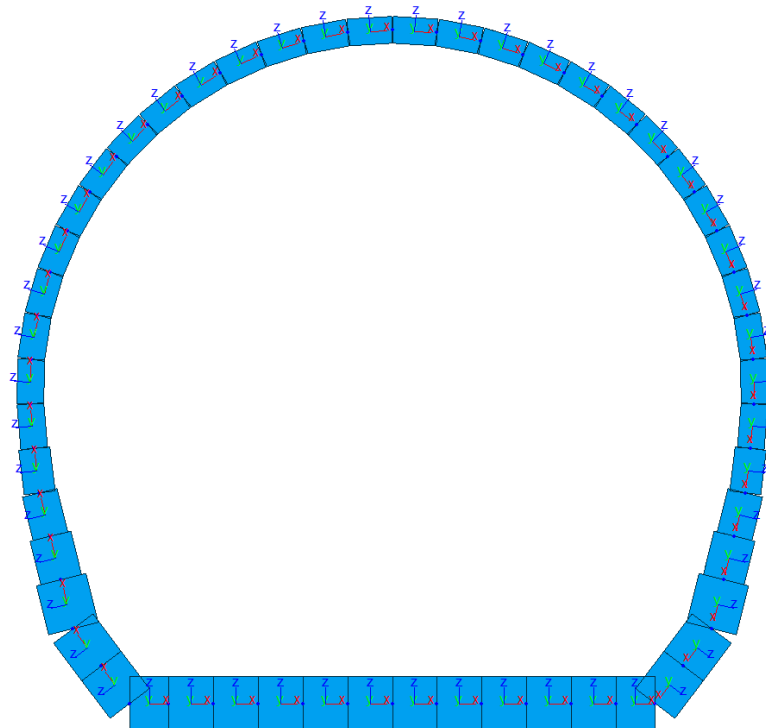


Figure 3 Elements local axis



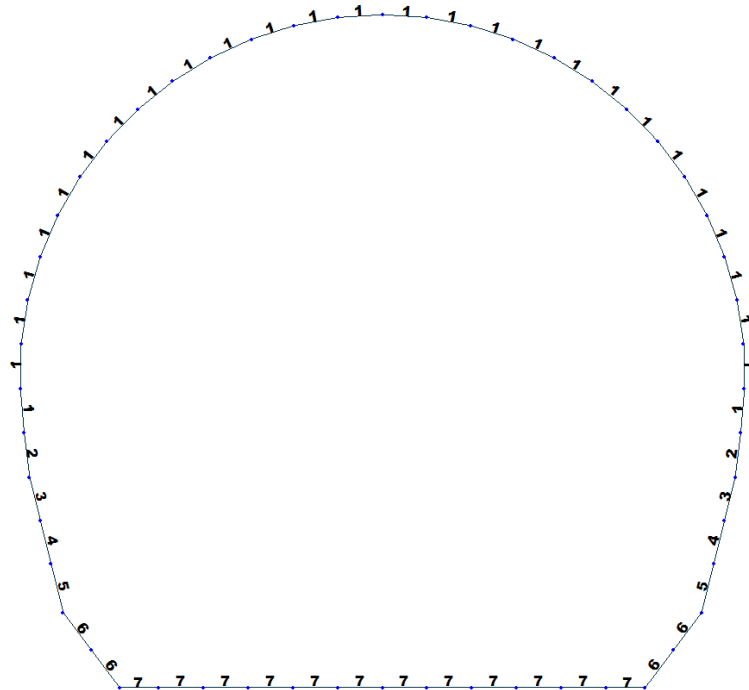


Figure 4 Element section property for geomechanical class II and III cross section (GL T2-T3)

Table 1 Section properties for geomechanical class II and III cross section (GL T2-T3)

ID	Name	Area (m <sup>2</sup> )	Asy (m <sup>2</sup> )	Asz (m <sup>2</sup> )	Ixx (m <sup>4</sup> )	Iyy (m <sup>4</sup> )	Izz (m <sup>4</sup> )	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)
1	100 x 30	0.3000	0.2500	0.2500	0.073	0.022	0.0250	0.5000	0.5000	0.1500	0.1500
2	100 x 35	0.3500	0.2917	0.2917	0.0111	0.036	0.0292	0.5000	0.5000	0.1750	0.1750
3	100 x 40	0.4000	0.3333	0.3333	0.0160	0.053	0.0333	0.5000	0.5000	0.2000	0.2000
4	100 x 47	0.4700	0.3917	0.3917	0.0244	0.087	0.0392	0.5000	0.5000	0.2350	0.2350
5	100 x 57	0.5700	0.4750	0.4750	0.0398	0.0154	0.0475	0.5000	0.5000	0.2850	0.2850
6	100 x 55	0.5500	0.4583	0.4583	0.0364	0.0139	0.0458	0.5000	0.5000	0.2750	0.2750
7	100 x 60	0.6000	0.5000	0.5000	0.0451	0.0180	0.0500	0.5000	0.5000	0.3000	0.3000

Table 2 Material parameters for geomechanical class II and III cross section (GL T2-T3)

ID	Name	Type	Code	Elasticity (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson	Thermal (1/[F])	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Mass Density (kN/m <sup>3</sup> /g)
1	C30/37	Concrete	NTC2008	3.30e+007	0.2	1e-005	2.50e+001	2.5493e+0

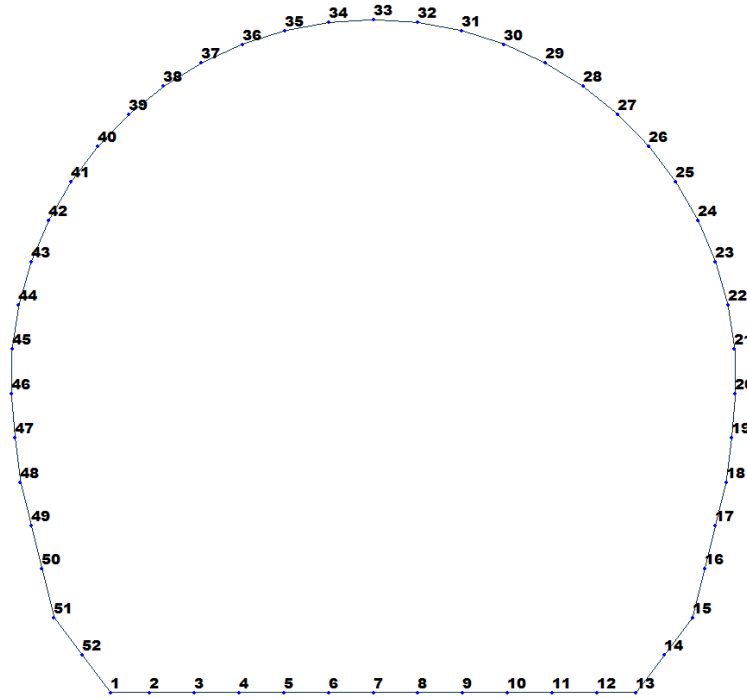


Figure 5 Node numbering

Table 3 Bounderies parameters

Node	Type	SDx (kN/m)	SDz (kN/m)	Stiffness (kN/m)	Direction	Multi-Linear Type	cx (m)	cy (kN)	dx (m)	dy (kN)	ex (m)	ey (kN)
1	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Comp.-only	0.0	0.0	2939000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Linear	1470000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Node	Type	SDx (kN/m)	SDz (kN/m)	Stiffness (kN/m)	Direction	Multi-Linear Type	cx (m)	cy (kN)	dx (m)	dy (kN)	ex (m)	ey (kN)
10	Comp.-only	0	0	2939000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
10	Linear	1470000	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
11	Comp.-only	0	0	2939000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
11	Linear	1470000	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
12	Comp.-only	0	0	2939000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
12	Linear	1470000	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
13	Comp.-only	0	0	2939000	Dz(-)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
13	Linear	1470000	0	0	Dx(+)	Unsymmetric	0	0	0	0	0	0
14	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	196000	0.20	392000
15	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	196000	0.20	392000
16	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
17	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
18	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
19	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
20	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
21	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
22	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
23	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
24	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
25	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
26	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
27	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
28	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
29	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
30	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
31	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
32	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
33	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
34	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
35	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200

Node	Type	SDx (kN/m)	SDz (kN/m)	Stiffness (kN/m)	Direction	Multi-Linear Type	cx (m)	cy (kN)	dx (m)	dy (kN)	ex (m)	ey (kN)
36	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
37	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
38	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
39	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
40	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
41	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
42	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
43	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
44	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
45	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
46	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
47	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
48	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
49	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
50	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	133100	0.20	266200
51	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	196000	0.20	392000
52	Multi-Linear	0	0	0	Dz(-)	Unsymmetric	0.01	150	0.10	196000	0.20	392000

A.5.2. Load for geomechanical class II and III cross section (GL T2-T3)

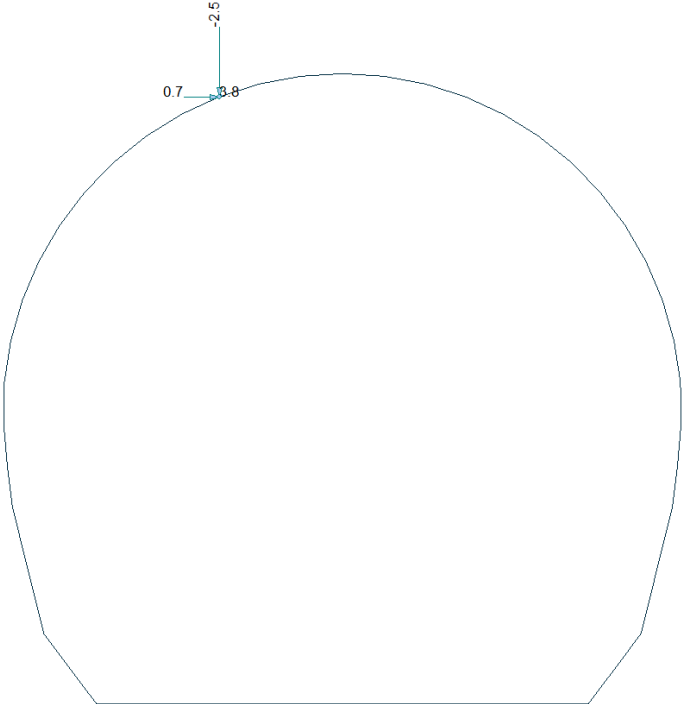


Figure 6 Load G2

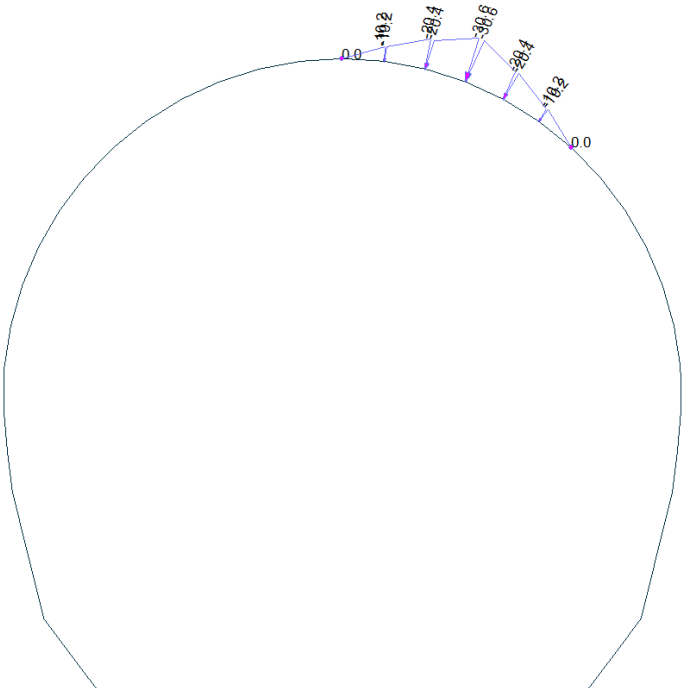


Figure 7 Load G5 – Block analysis

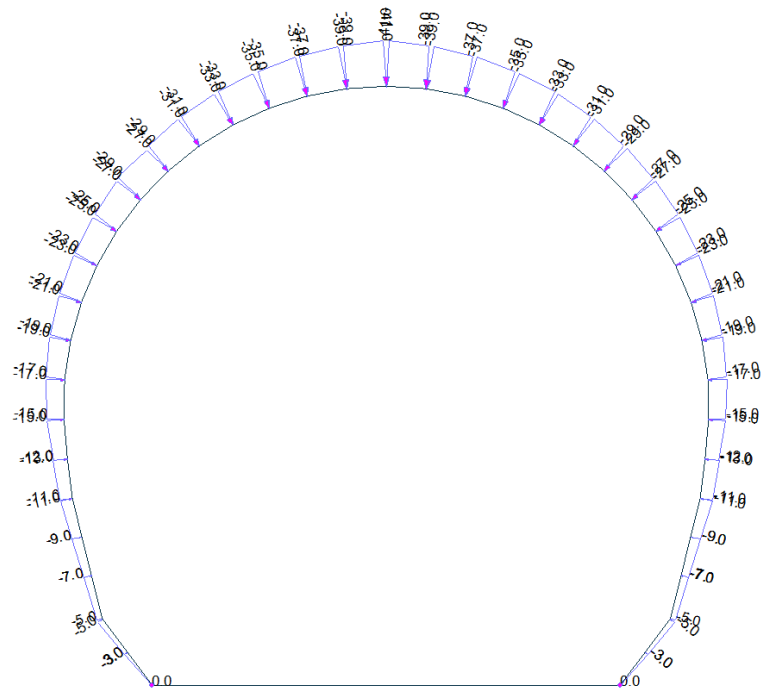


Figure 8 Load G5 – FEM analysis

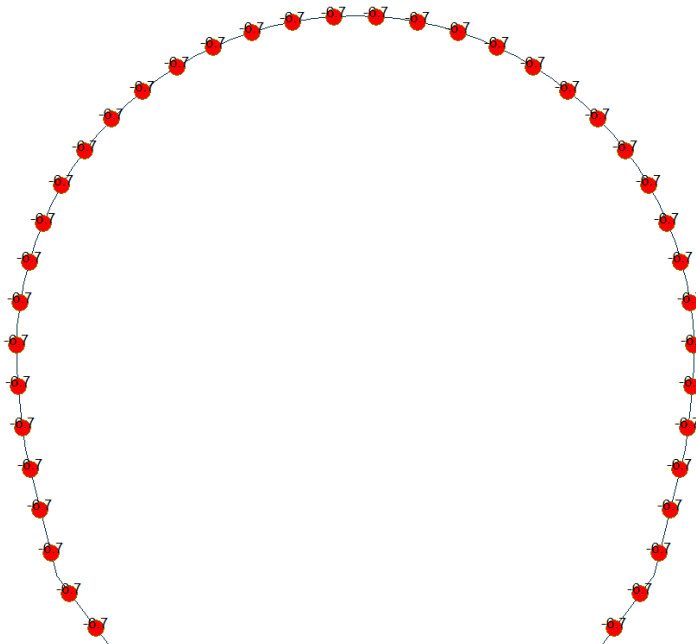


Figure 9 Load G6 SLU

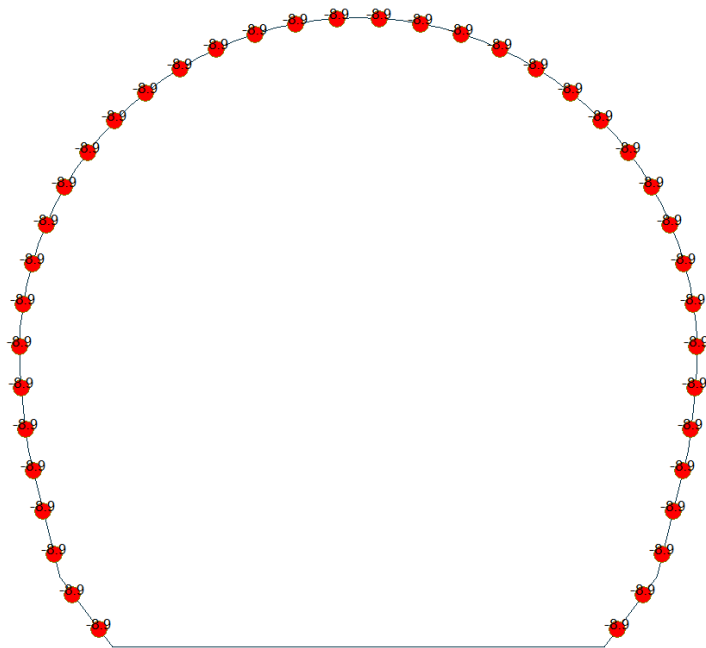


Figure 10 Load G6 SLE

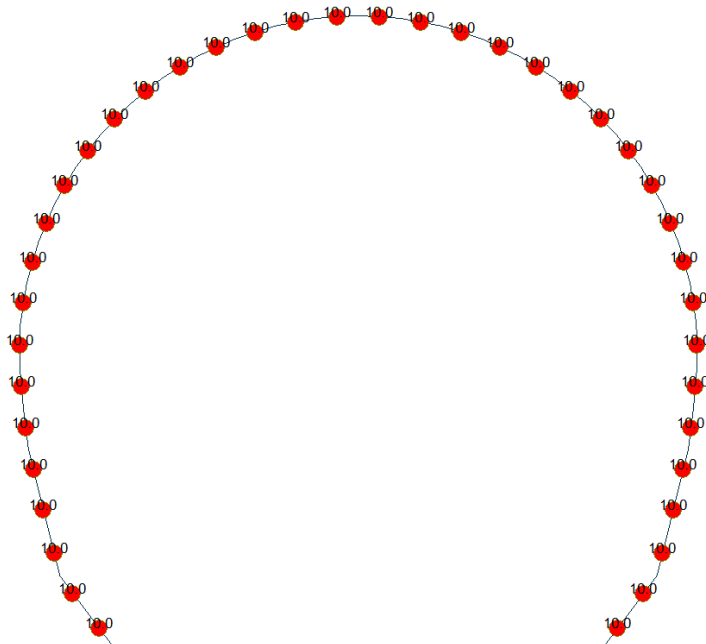


Figure 11 Load Q1 E (Constant temperature)

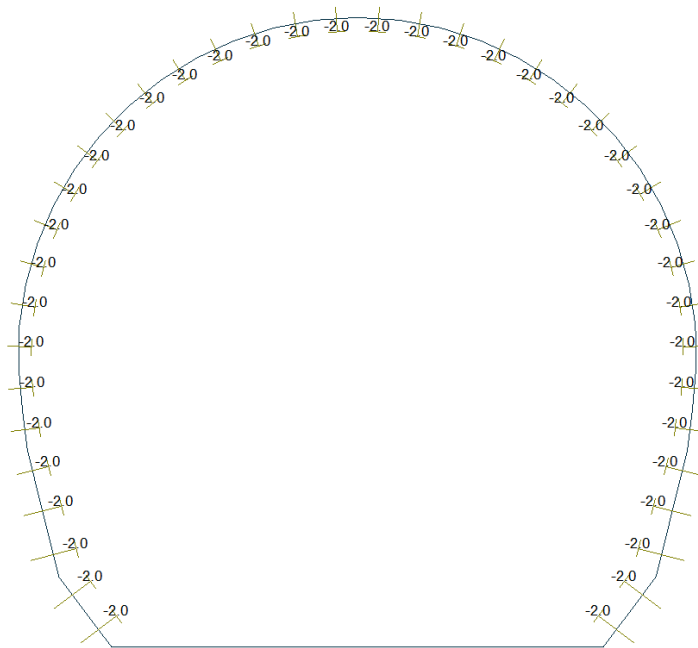


Figure 12 Load Q1 E (Temperature gradient)

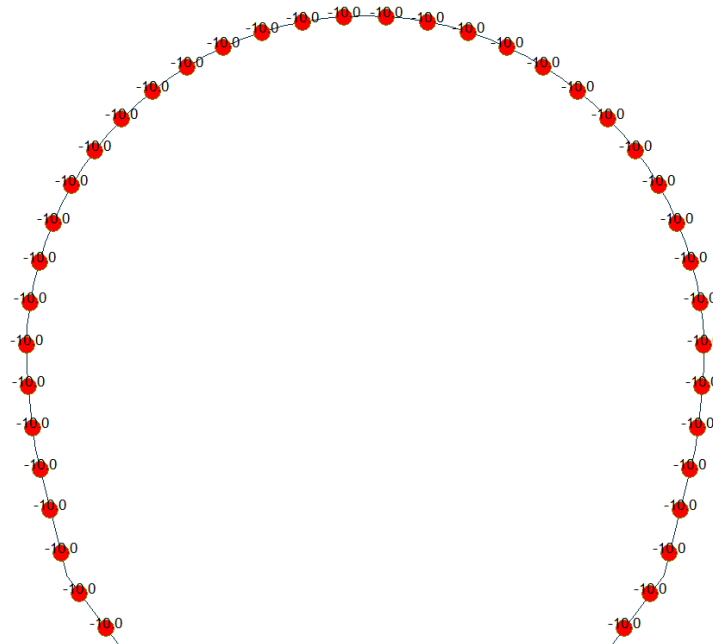


Figure 13 Load Q1 I (Constant temperature)



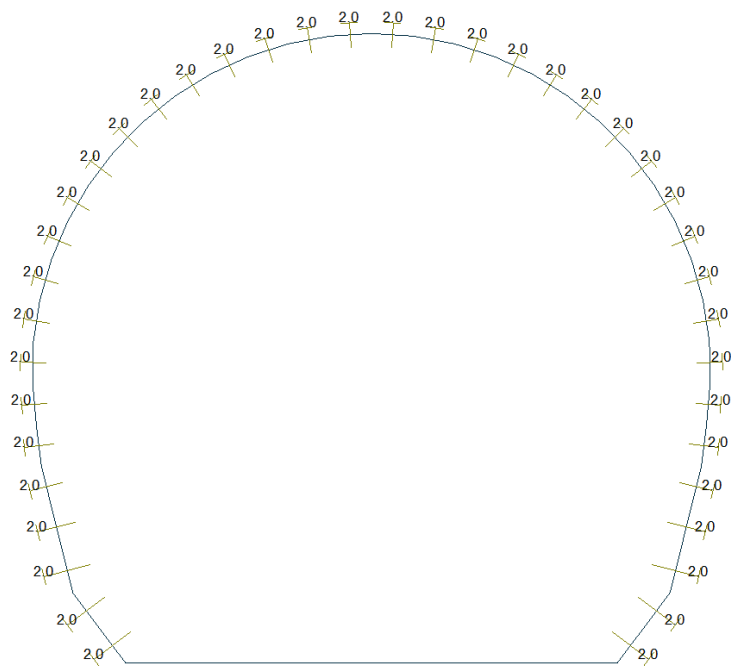


Figure 14 Load Q1 I (Temperature gradient)

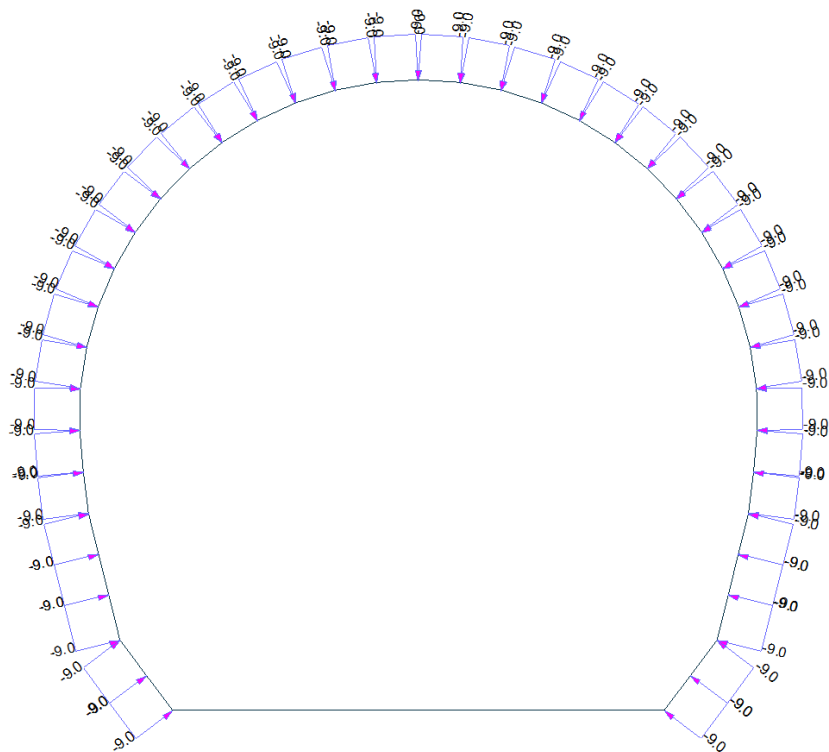


Figure 15 Load A1 aspiration

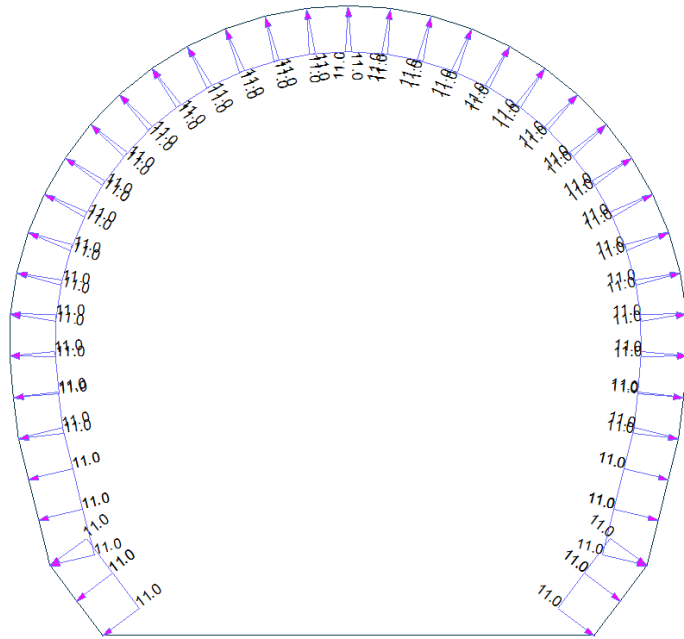


Figure 16 Load A1 pression

### A.5.3. Load combinations

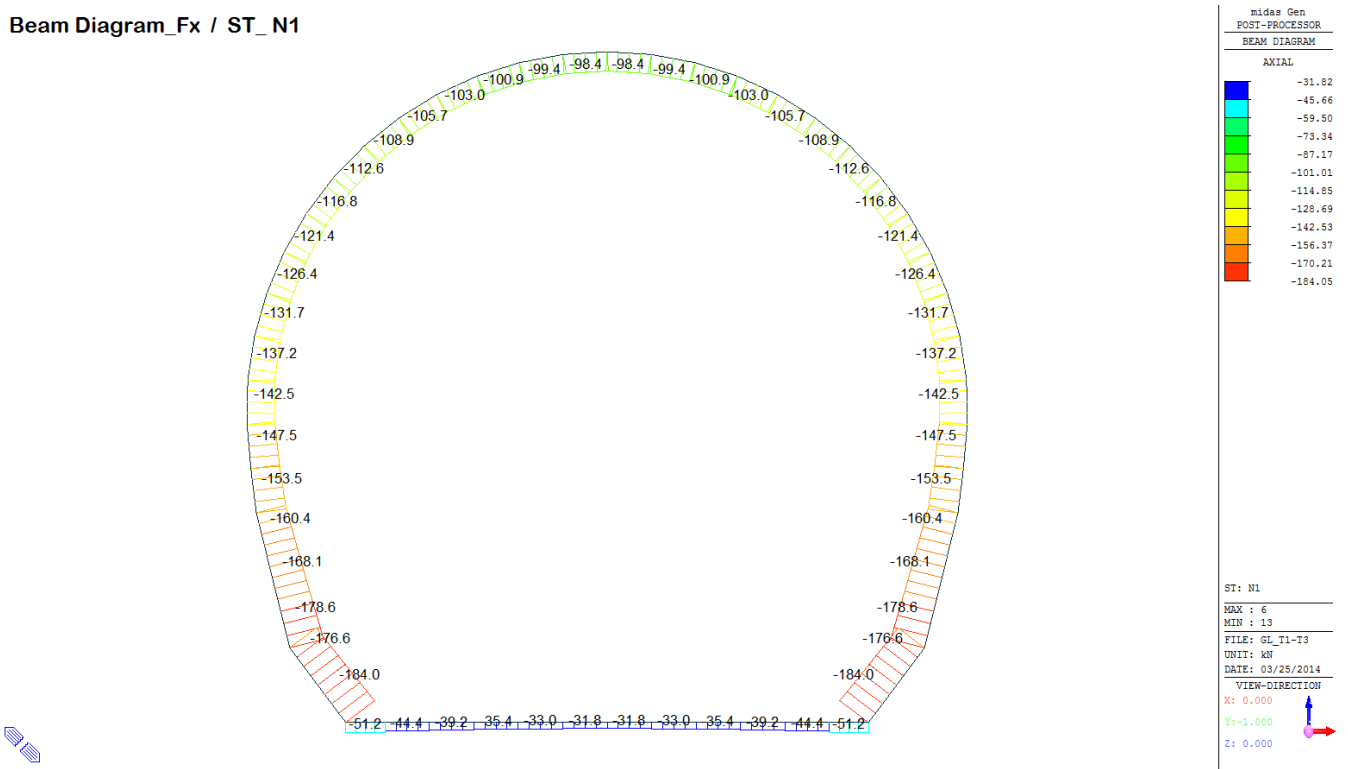
#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE LOADCASE(FACTOR) +	TYPE LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	1	Inactive G1( 1.350) +	Add Q1 - E( 1.500)	
2	2	Inactive G1( 1.350) +	Add G6 - SLU( 1.000) +	Q1 - I( 1.500)
3	3	Inactive G1( 1.350) +	Add G2( 1.350) +	Q1 - E( 1.500)
4	4	Inactive G1( 1.350) + + Q1 - I( 1.500)	Add G2( 1.350) +	G6 - SLU( 1.000)
5	5	Inactive G1( 1.350) + + Q1 - E( 1.500)	Add G2( 1.350) +	G5( 1.350)
6	6	Inactive G1( 1.350) + + G6 - SLU( 1.000) +	Add G2( 1.350) + Q1 - I( 1.500)	G5( 1.350)
7	11	Inactive G1( 1.000) + + A1 - P( 1.000)	Add G2( 1.000) +	Q1 - E( 0.600)
8	12	Inactive G1( 1.000) + + Q1 - I( 0.600) +	Add G2( 1.000) + A1 - A( 1.000)	G6 - SLU( 1.000)
9	21	Strength/Stress G1( 1.000) +	Add G5( 1.000) +	Q1 - E( 0.600)
10	22	Strength/Stress G1( 1.000) +	Add G5( 1.000) +	G6 - SLU( 1.000)
11	SLE - 1	Inactive G1( 1.000) +	Add Q1 - E( 1.000)	
12	SLE - 2	Inactive G1( 1.000) +	Add G6 - SLE( 1.000) +	Q1 - I( 1.000)
13	SLE - 3	Inactive G1( 1.000) +	Add G2( 1.000) +	Q1 - E( 1.000)
14	SLE - 4	Inactive G1( 1.000) + + Q1 - I( 1.000)	Add G2( 1.000) +	G6 - SLE( 1.000)
15	SLE - 5	Inactive G1( 1.000) + + Q1 - E( 1.000)	Add G2( 1.000) +	G5( 1.000)
16	SLE - 6	Inactive G1( 1.000) + + G6 - SLE( 1.000) +	Add G2( 1.000) + Q1 - I( 1.000)	G5( 1.000)

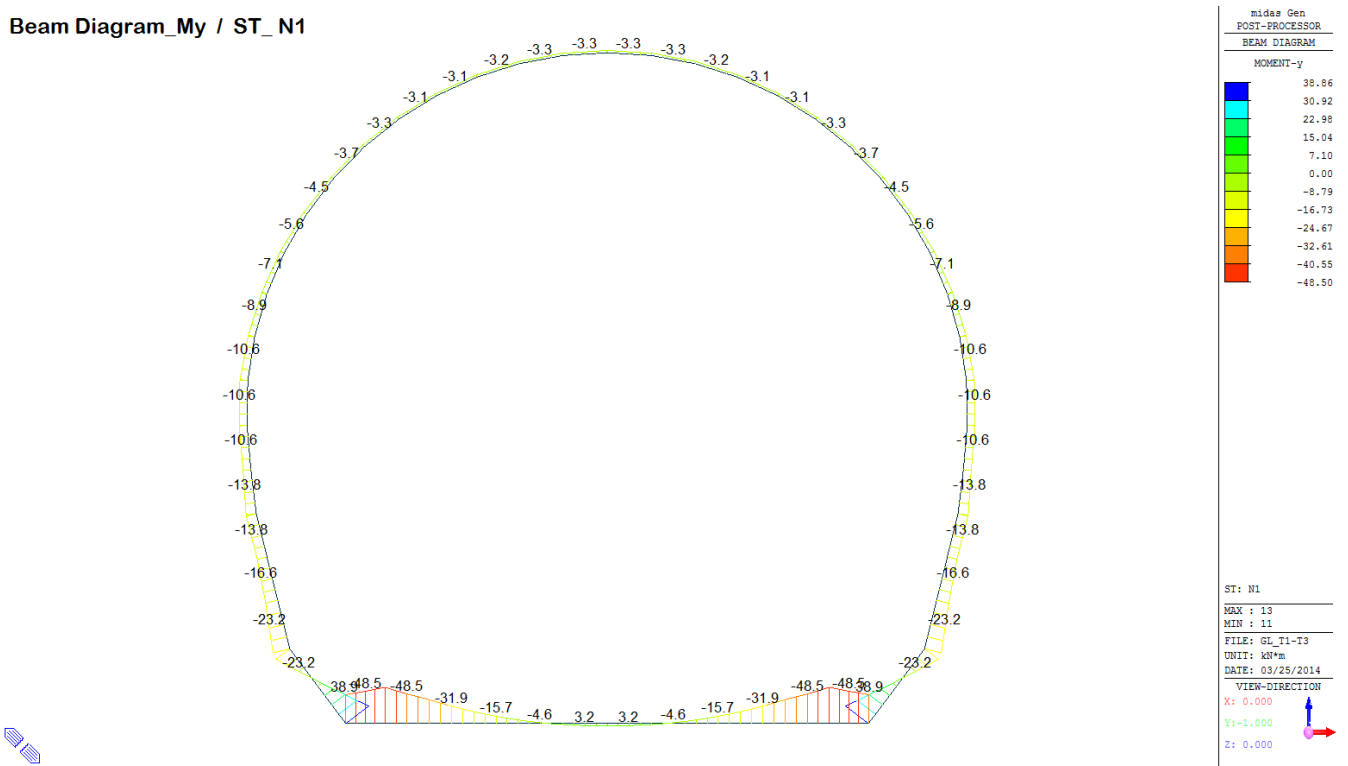
## A.5.4. Output and check result for geomechanical class II and III cross section (GL T2-T3)

### A.5.4.1. Load combination SLU 1

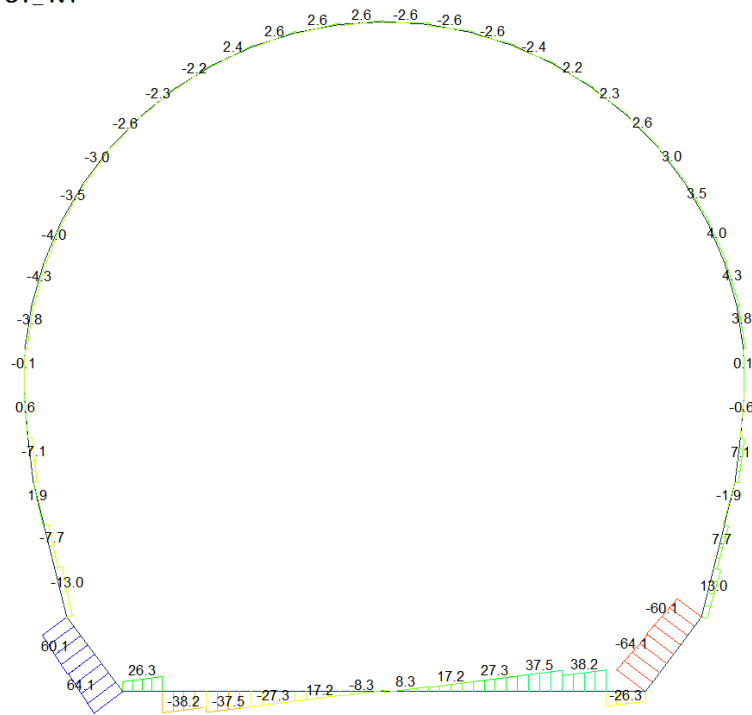
Beam Diagram\_Fx / ST\_N1



Beam Diagram\_My / ST\_N1



Beam Diagram\_Fz / ST\_N1



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

64.09
52.44
40.79
29.13
17.48
0.00
-5.83
-17.48
-29.13
-40.79
-52.44
-64.09

ST: N1

MAX : 52  
MIN : 13

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014

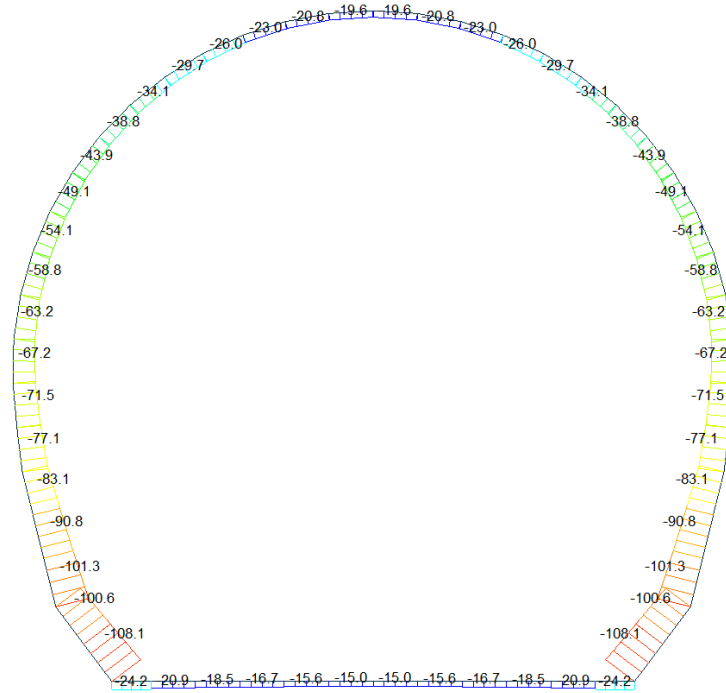
VIEW-DIRECTION

X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

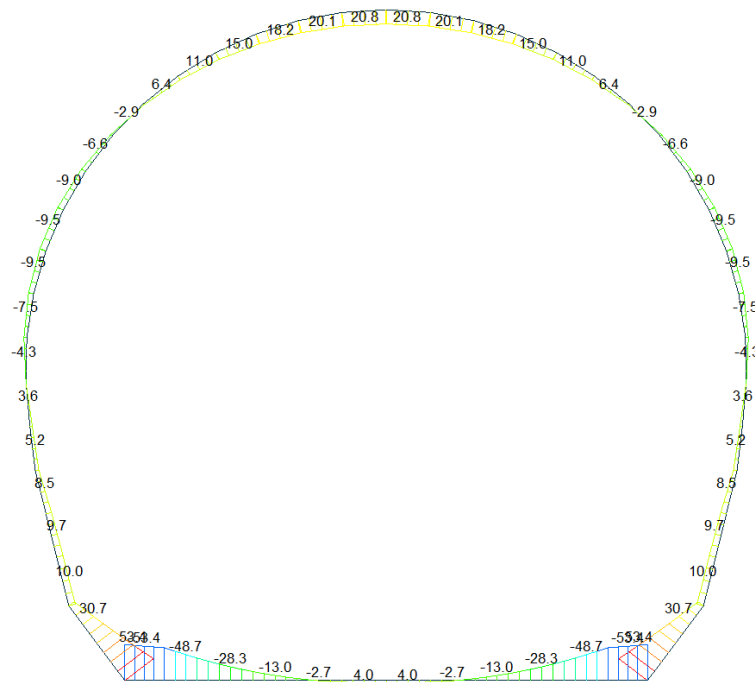


A.5.4.2. Load combination SLU 2

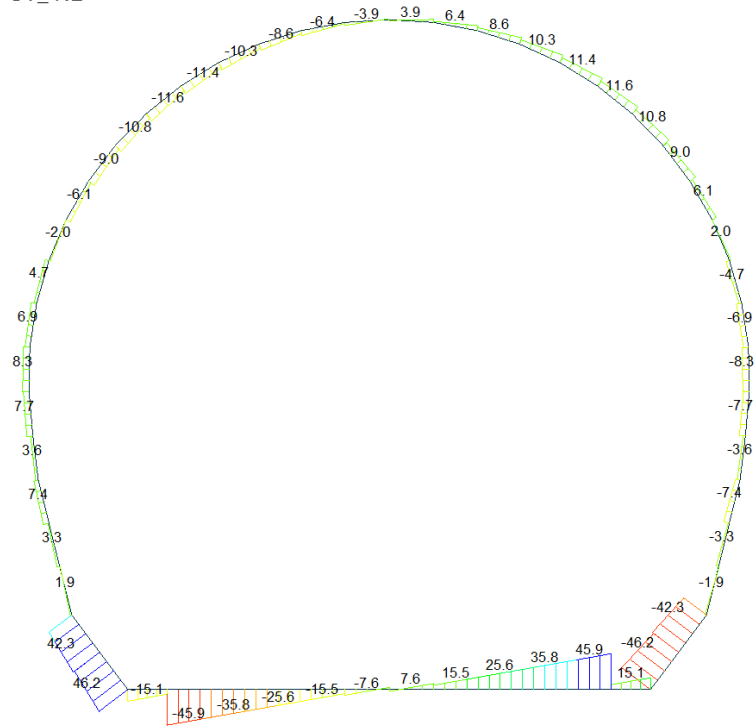
Beam Diagram\_Fx / ST\_N2



Beam Diagram\_My / ST\_N2



Beam Diagram\_Fz / ST\_N2



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

46.24
37.84
29.43
21.02
12.61
0.00
-4.20
-12.61
-21.02
-29.43
-37.84
-46.24

ST: N2

MAX : 52  
MIN : 13

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000







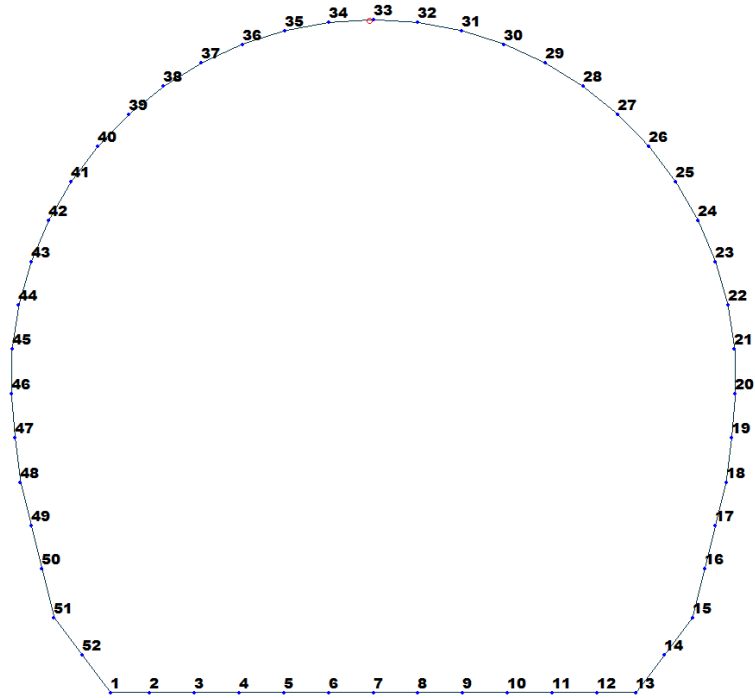


Figure 17 Beam end release

Table 4 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
33	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3120	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

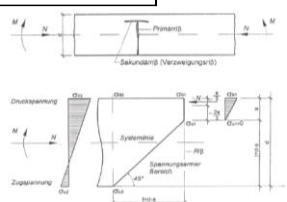
ITERAZIONE IN NODO 33 j

MIDAS

$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000321	[rad/kN*m]
$1/Cf_{finale, arbitraria}$	3'120	[kN*m/rad]

$M_{nodo}$	3.720	[kN*m]
$N_{nodo}$	26.040	[kN]
$V_{nodo}$	1.610	[kN]

$Cf_{MIDAS} \approx Cf_{pöttler}$	SI
$\Phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI

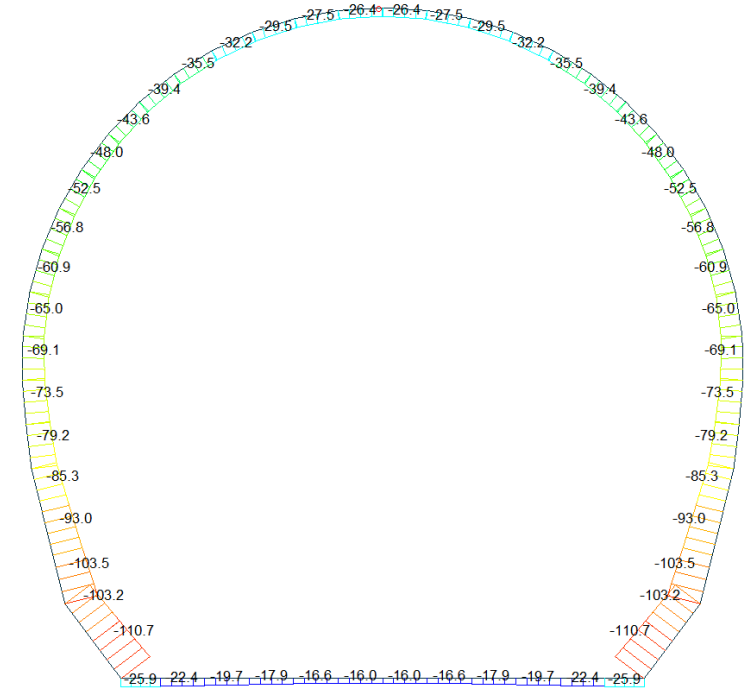


PÖTTLER

$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$d$	0.30	[m]
$e$	0.1429	[m]
$a$	0.02	[m]
$\Phi_{pöttler}$	0.0011793	[rad]
$Cf_{pöttler}$	0.0003170	[rad/kN*m]
$1/Cf_{pöttler}$	3'154	[kN*m/rad]

1.179342

Beam Diagram\_Fx / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-16.04
Cyan	-24.65
Green	-33.26
Light Green	-41.87
Yellow-Green	-50.48
Yellow	-59.08
Orange	-67.69
Light Orange	-76.30
Orange-Red	-84.91
Red	-93.52
Dark Red	-102.12
Black	-110.73

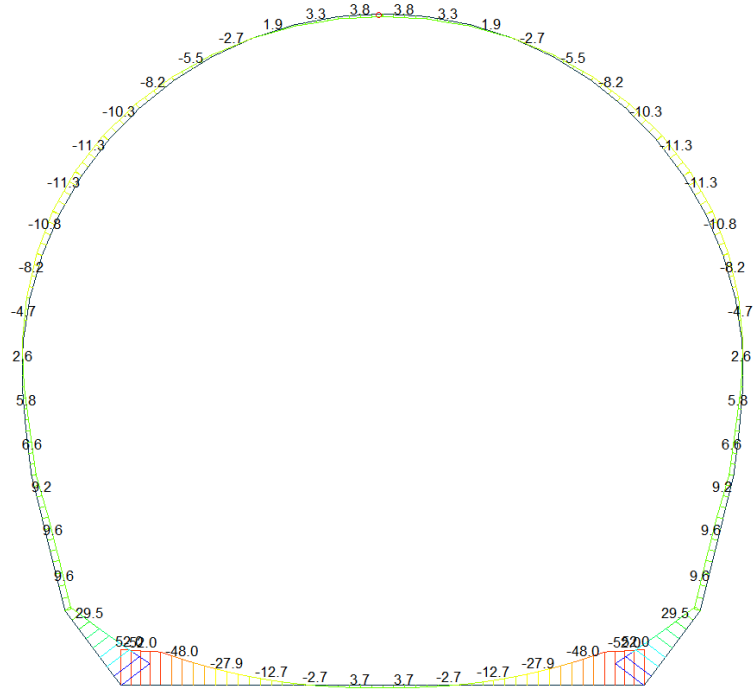
ST: N2

MAX : 7  
MIN : 52

FILE: GL\_T1-T3 (-)  
UNIT: kN  
DATE: 03/26/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	52.01
Cyan	42.55
Green	33.10
Light Green	23.64
Yellow-Green	14.18
Yellow	0.00
Orange	-4.73
Light Orange	-14.18
Orange-Red	-23.64
Red	-33.10
Dark Red	-42.55
Black	-52.01

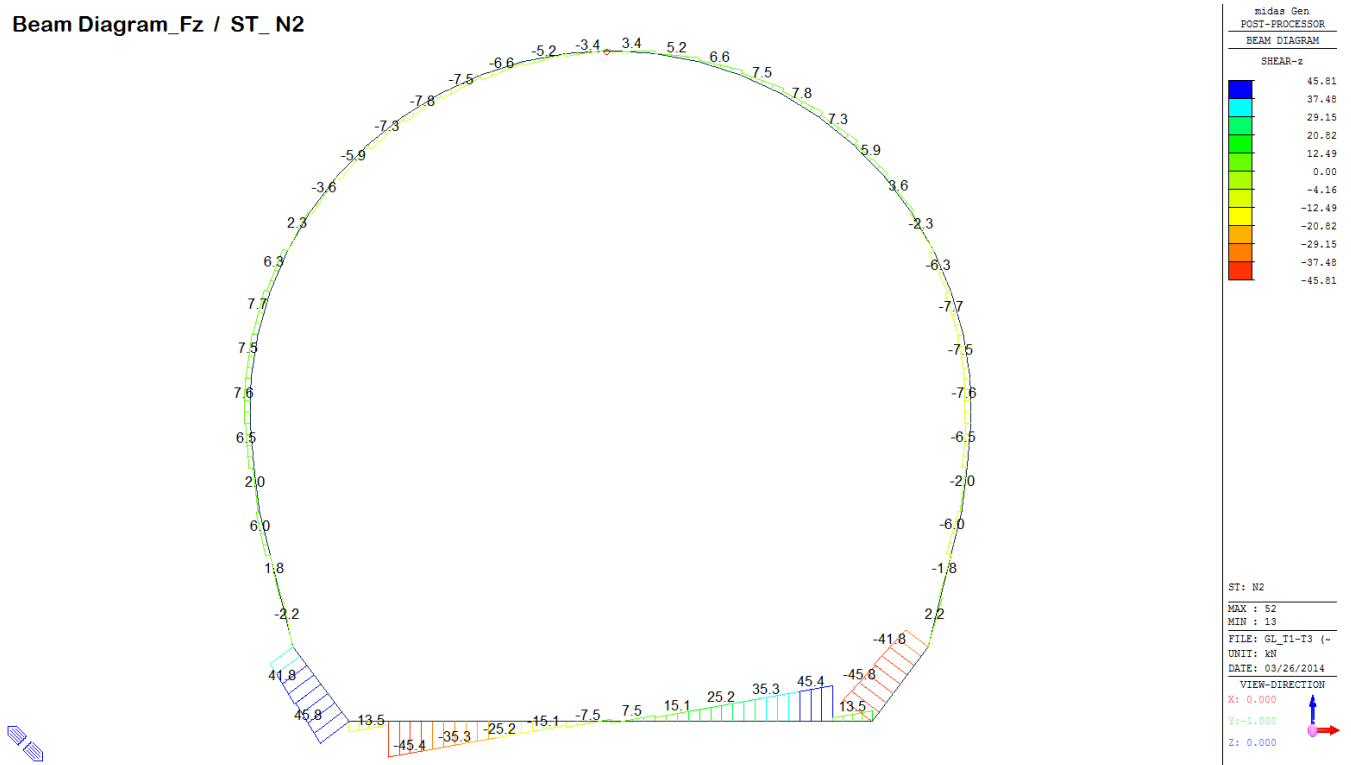
ST: N2

MAX : 13  
MIN : 12

FILE: GL\_T1-T3 (-)  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/26/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N2



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{sk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\varphi$	0.80
$f_{ctk,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ctk,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 33 j

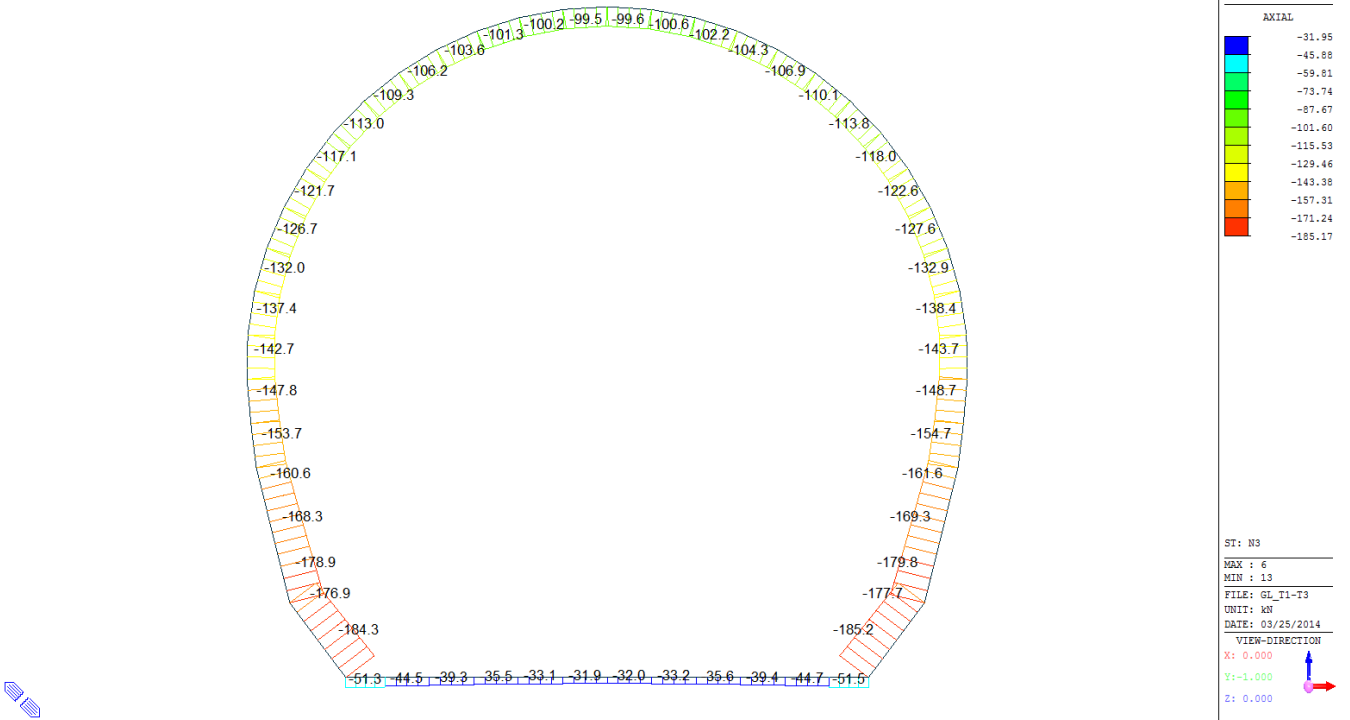
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd, 90\%}$
N2	33 j	Calotta	3.7	26.0	1.6	26'400'000	0.143	0.30	OK	2.43	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\varphi_{Posteri}$ [rad]	$1/C_{f,MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f,Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd} (EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp, max} \leq F_{ctvd}$
N2	33 j	0.021	1.1793420	3'120	3'154	OK	0.329	OK	1.03	0.11	7.14	1.89	OK

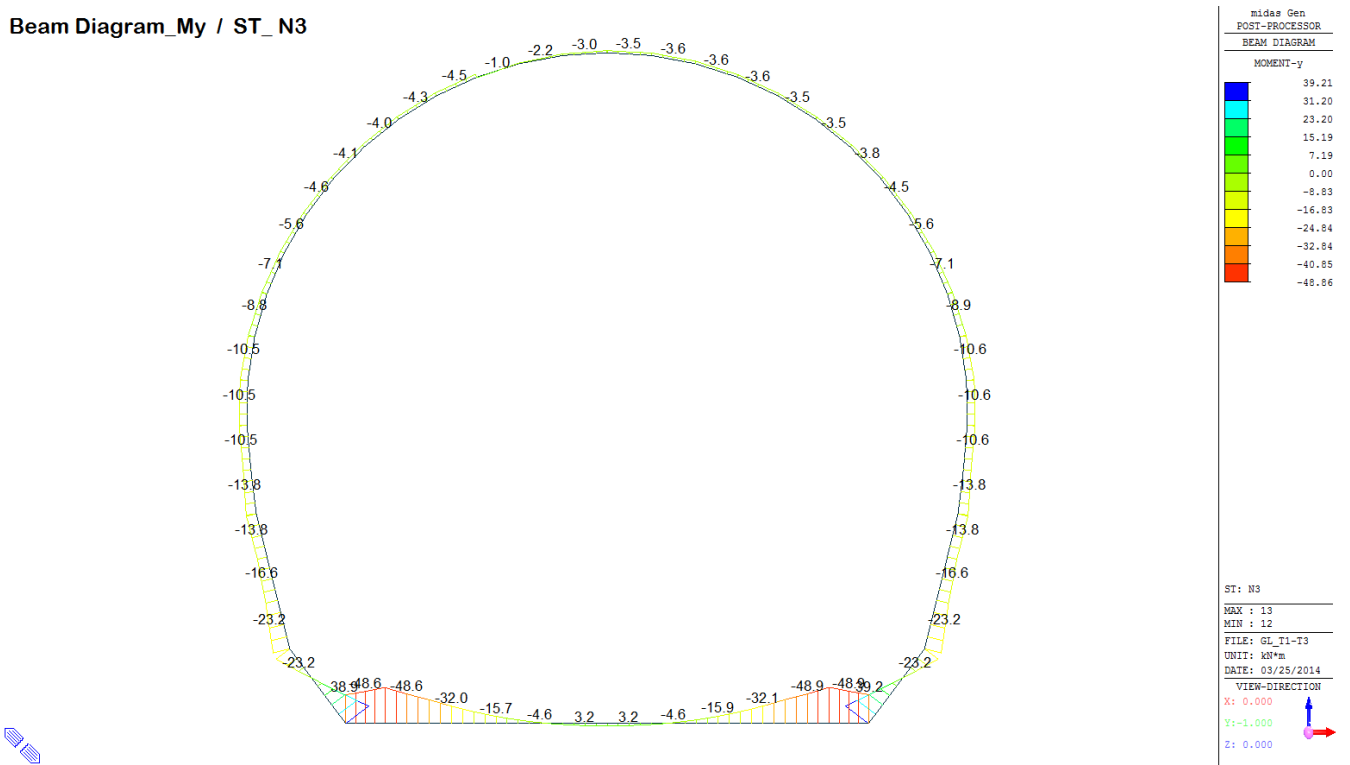


A.5.4.3. Load combination SLU 3

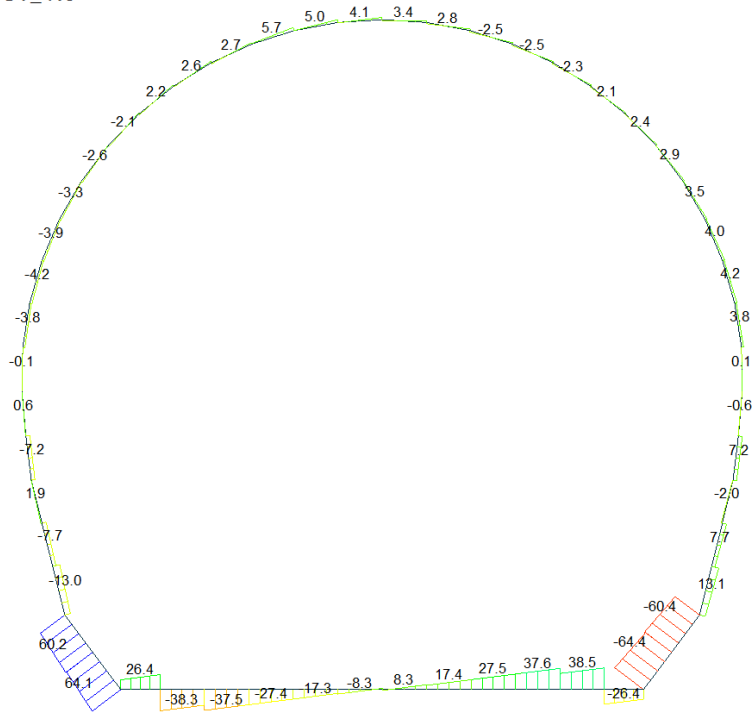
Beam Diagram\_Fx / ST\_N3



Beam Diagram\_My / ST\_N3



Beam Diagram\_Fz / ST\_N3



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

64.15
52.46
40.77
29.08
17.39
0.00
-5.99
-17.68
-29.36
-41.05
-52.74
-64.43

ST: N3

MAX : 52  
MIN : 13

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION

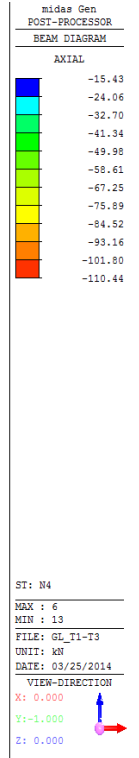
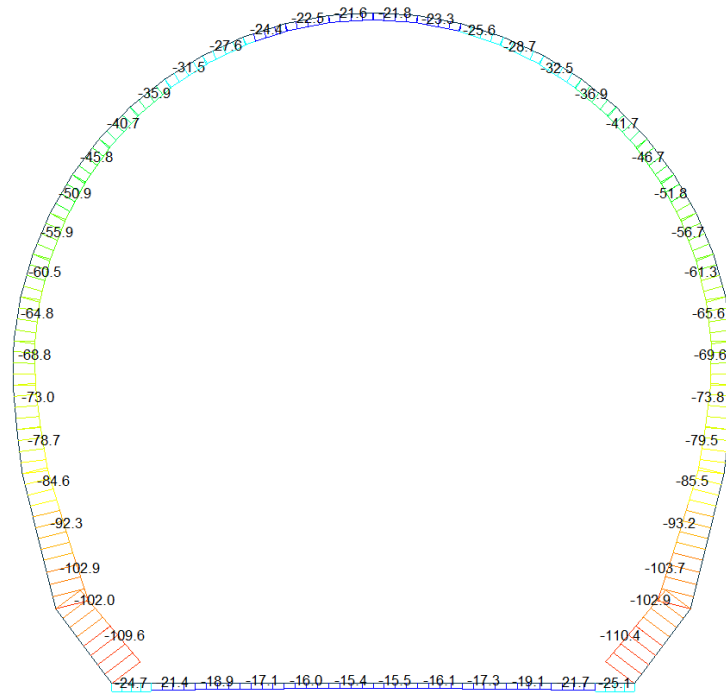
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



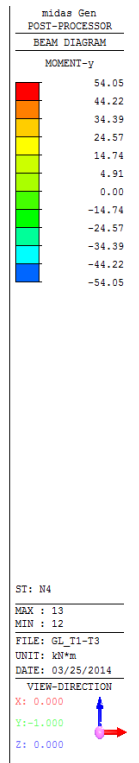
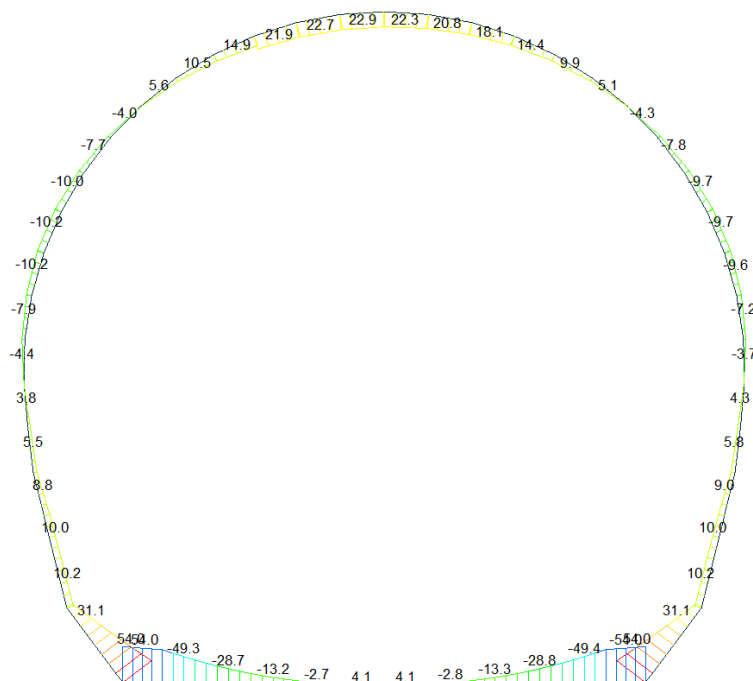


A.5.4.4. Load combination SLU 4

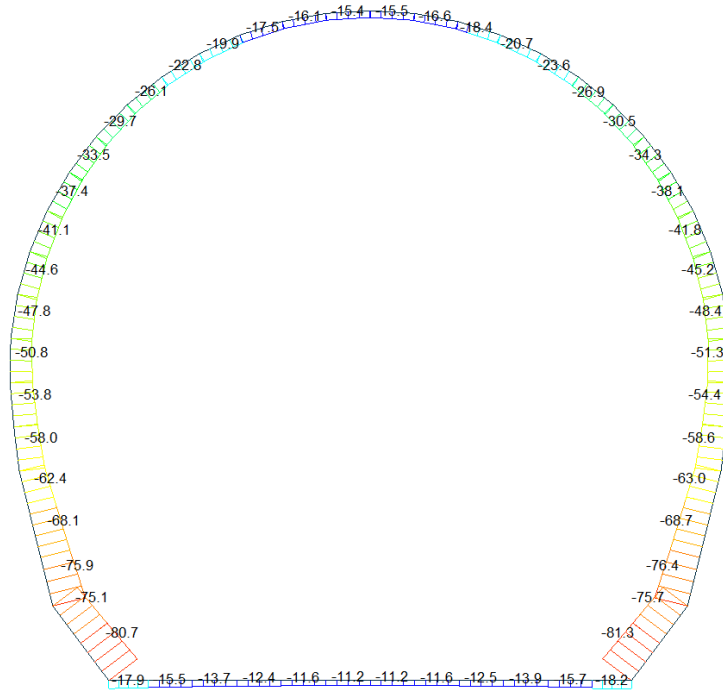
Beam Diagram\_Fx / ST\_N4



Beam Diagram\_My / ST\_N4



Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 4



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-11.18
Cyan	-17.55
Green	-23.93
Light Green	-30.30
Yellow-Green	-36.68
Yellow	-43.05
Orange-Yellow	-49.43
Orange	-55.80
Red-Orange	-62.18
Red	-68.55
Dark Red	-74.93
Dark Red	-81.30

ST: NSLE - 4  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





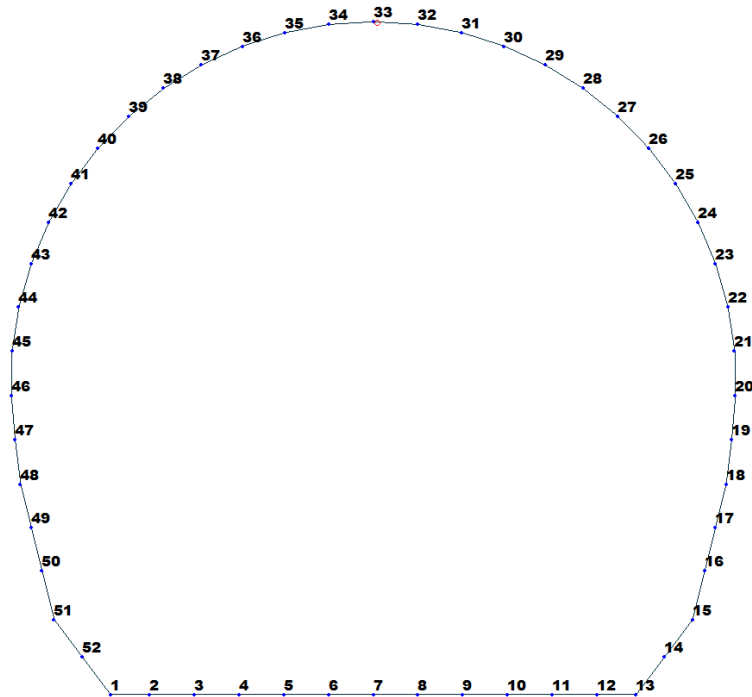


Figure 18 Beam end release

Table 5 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
32	Value	0	0	0	0	4958	0	0	0	0	0	0	0

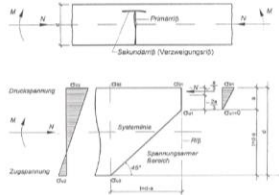
ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 32 I

MIDAS

$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000202	[rad/kN*m]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	4958	[kN*m/rad]
$M_{nodo}$	4.080	[kN*m]
$N_{nodo}$	28.920	[kN]
$V_{nodo}$	5.210	[kN]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{PÖTTLER}$	SI	
$\Phi_{PÖTTLER} < 4 \text{ mrad}$	SI	

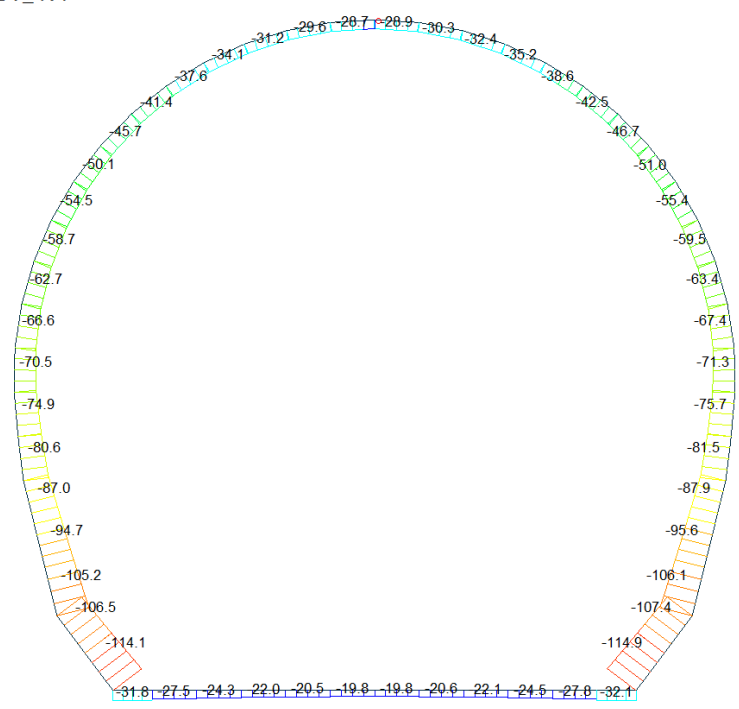


PÖTTLER

$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$d$	0.30	[m]
$e$	0.1411	[m]
$a$	0.027	[m]
$\Phi_{PÖTTLER}$	0.0008170	[rad]
$Cf_{PÖTTLER}$	0.0002002	[rad/kN*m]
$1/Cf_{PÖTTLER}$	4994	[kN*m/rad]

0.816985

Beam Diagram\_Fx / ST\_N4



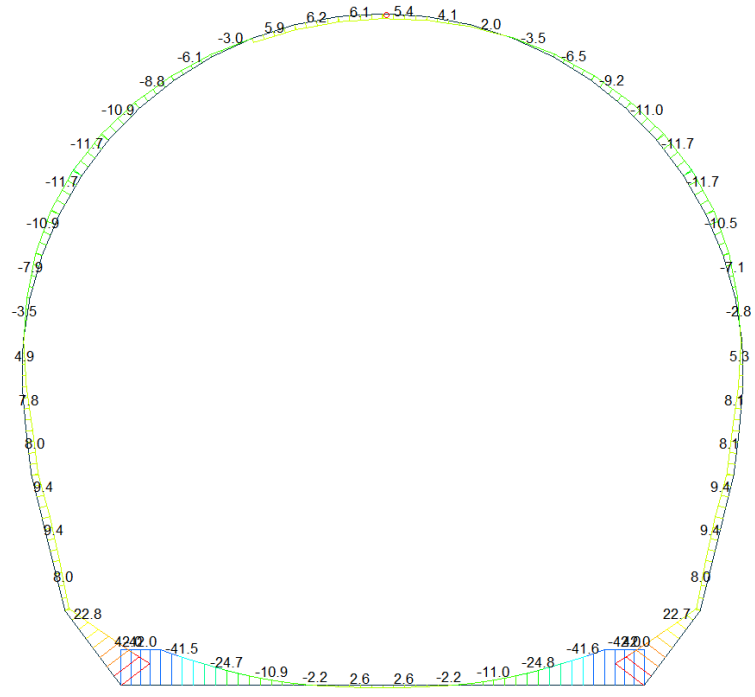
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-19.82
Cyan	-28.47
Green	-37.12
Light Green	-45.76
Yellow-Green	-54.41
Yellow	-63.06
Orange-Yellow	-71.70
Orange	-80.35
Red-Orange	-89.00
Red	-97.64
Dark Red	-106.29
Dark Red	-114.94

ST: N4  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N4



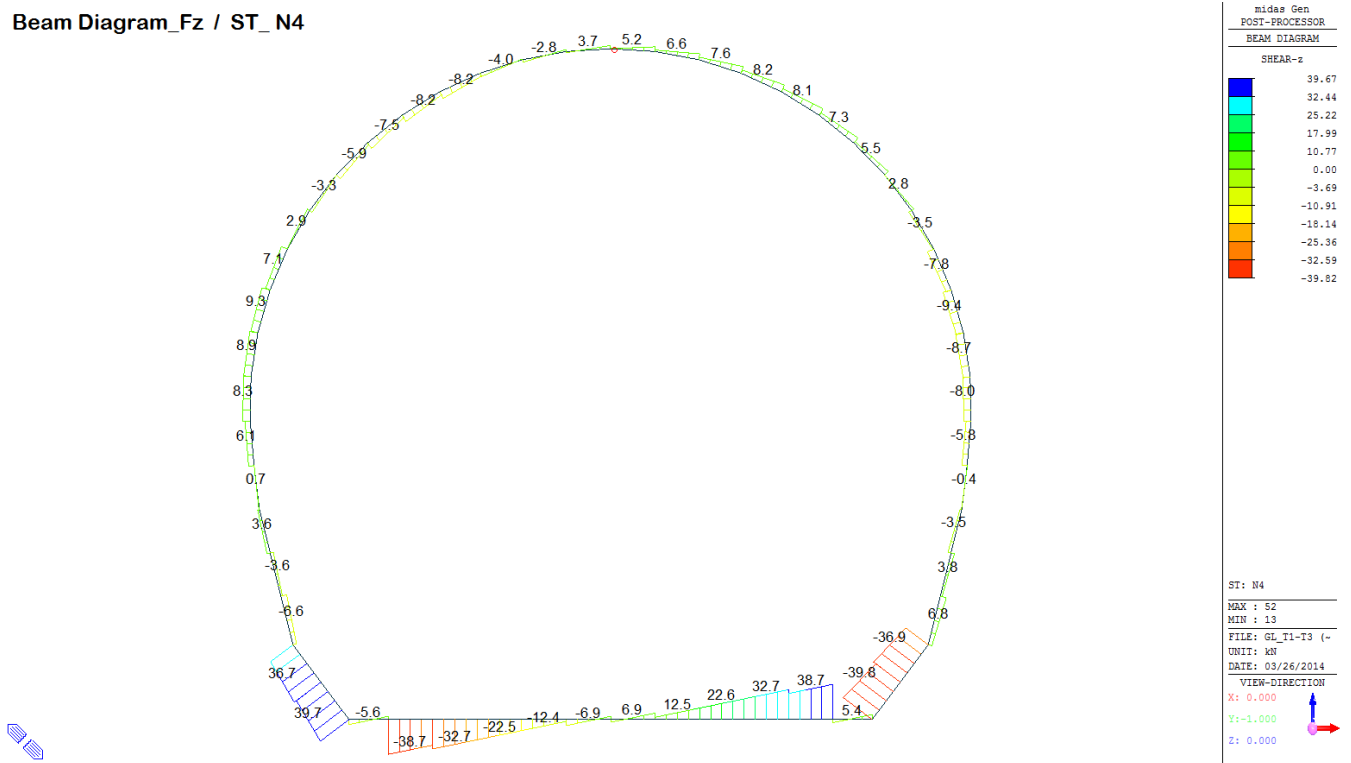
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Red	42.04
Dark Red	34.40
Red-Orange	26.75
Orange	19.11
Yellow-Orange	11.47
Yellow	3.82
Light Green	0.00
Green	-11.47
Cyan	-19.11
Blue-Cyan	-26.75
Blue	-34.40
Dark Blue	-42.04

ST: N4  
MAX : 52  
MIN : 1  
FILE: GL\_T1-T3 (-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N4



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{sk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{sd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 32 i

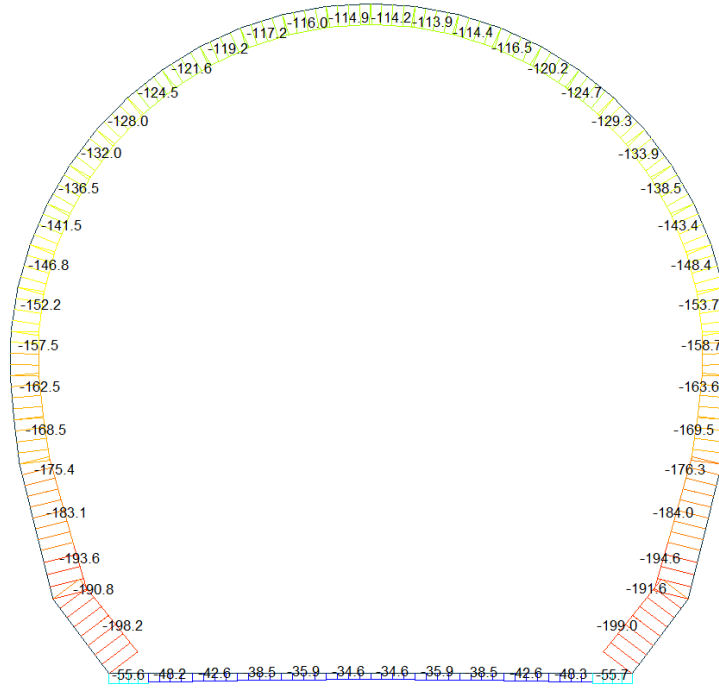
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_c < f_{ctd,95\%}$
N4	32 i	Calotta	4.1	28.9	5.2	26'400'000	0.141	0.30	OK	2.16	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Postier}$ [rad]	$1/C_{fMIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/C_{fPostier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N4	32 i	0.027	0.8169849	4'958	4'994	OK	0.223	OK	1.03	0.29	7.14	1.81	OK
Iterazione ok													



A.5.4.5. Load combination SLU 5 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N5



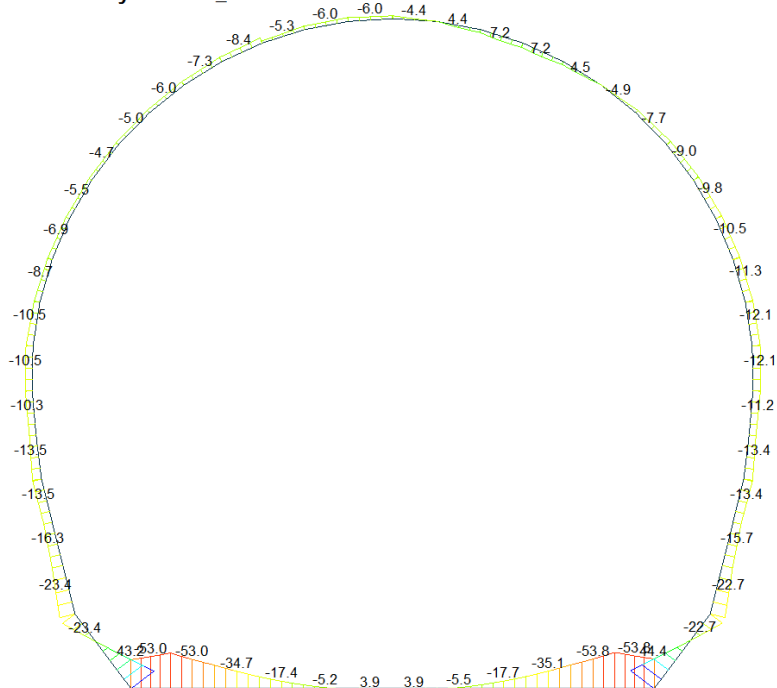
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-34.60
Cyan	-49.55
Green	-64.50
Light Green	-79.45
Yellow-Green	-94.39
Yellow	-109.34
Light Yellow	-124.29
Orange	-139.24
Red-Orange	-154.19
Red	-169.14
Dark Red	-184.08
Black	-199.03

ST: N5  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

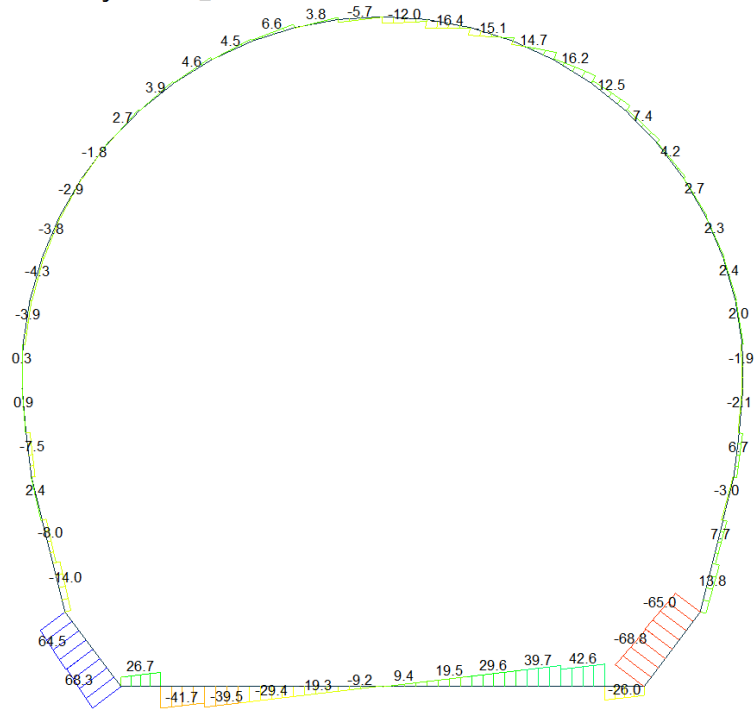
MOMENT-y

Blue	44.38
Cyan	35.45
Green	26.52
Light Green	17.59
Yellow-Green	8.66
Yellow	0.00
Light Yellow	-9.20
Orange	-18.13
Red-Orange	-27.06
Red	-35.99
Dark Red	-44.91
Black	-53.84

ST: N5  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kNm  
DATE: 03/27/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N5



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

68.34
55.88
43.42
30.95
18.49
0.00
-6.44
-18.90
-31.36
-43.83
-56.29
-68.75

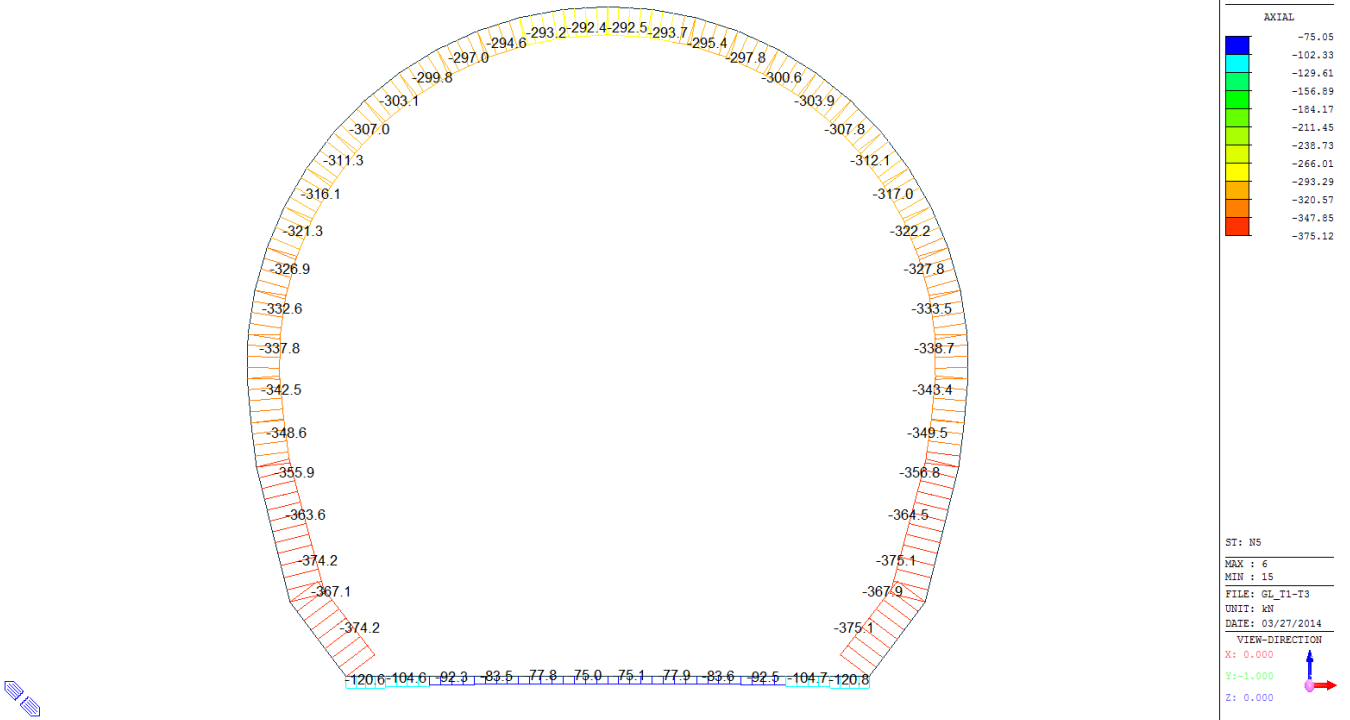
ST: N5  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

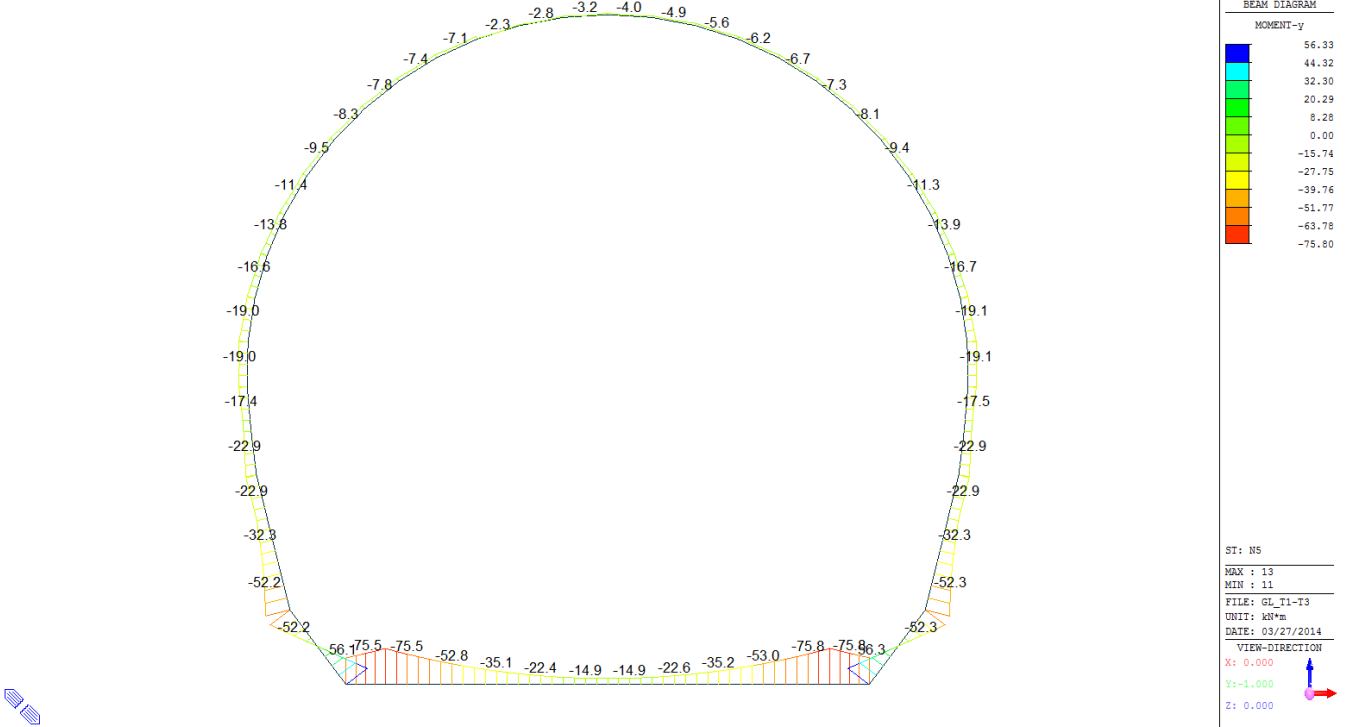


A.5.4.6. Load combination SLU 5 FEM analysis

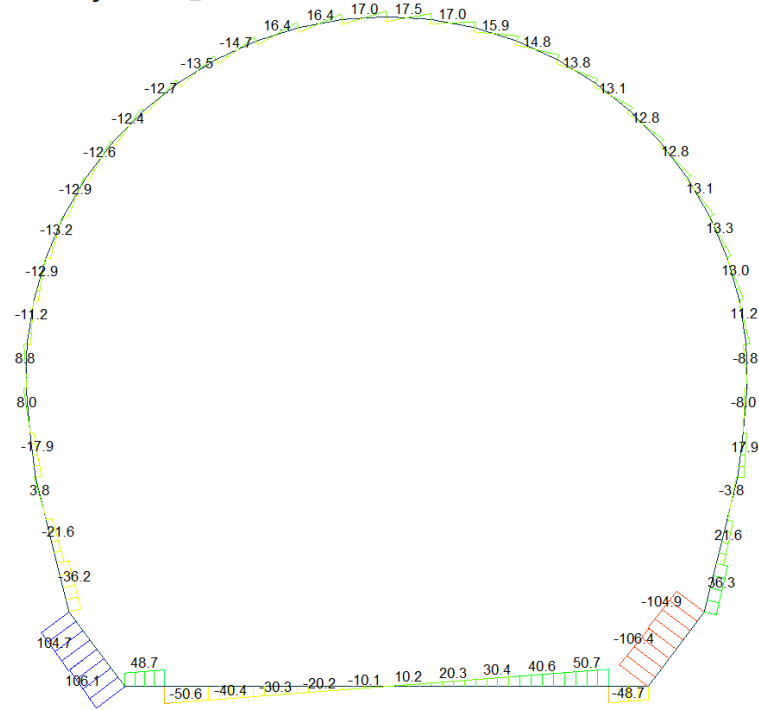
Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N5



Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N5



Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N5



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

Blue	106.10
Cyan	86.78
Green	67.47
Light Green	48.15
Yellow-Green	28.84
Yellow	0.00
Orange	-9.79
Red-Orange	-29.11
Red	-48.42
Dark Red	-67.73
Dark Red	-87.05
Dark Red	-106.36

ST: N5

MAX : 52  
MIN : 13

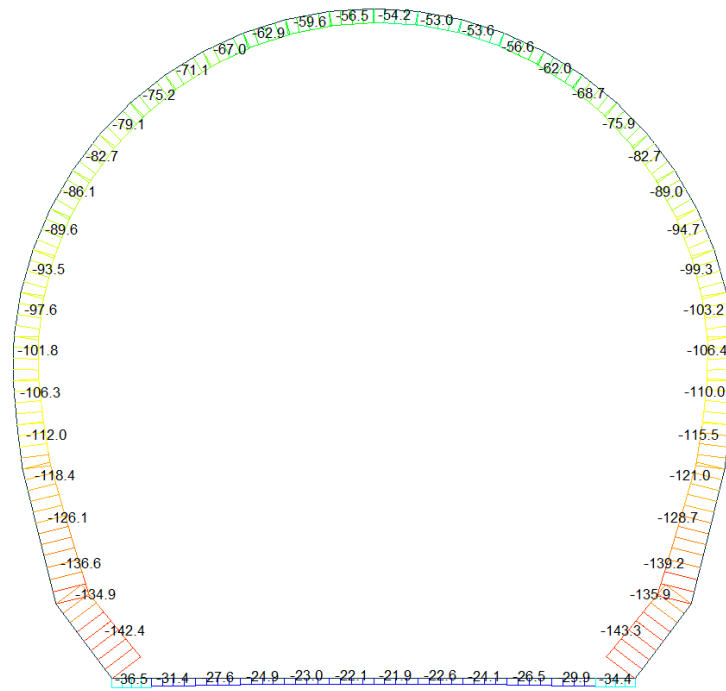
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



A.5.4.7. Load combination SLU 6 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6

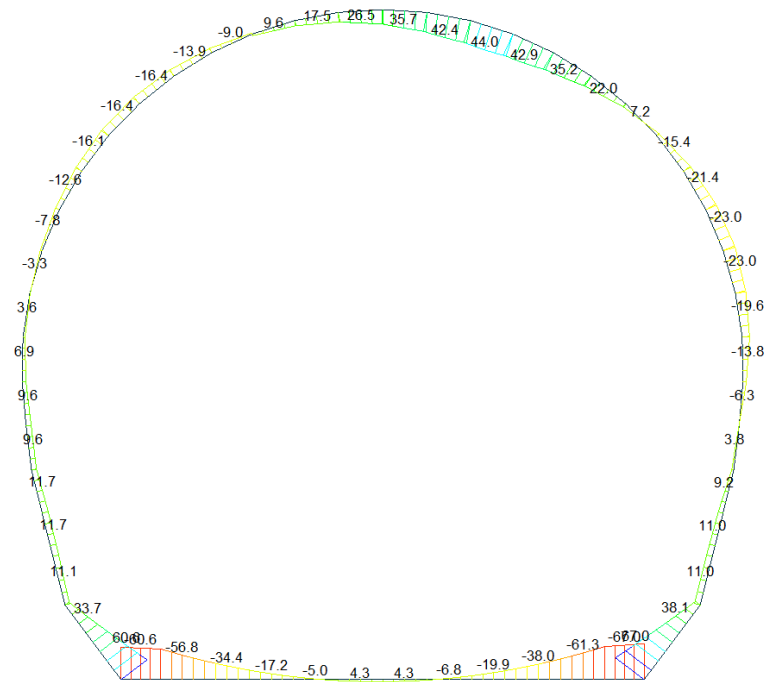


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: N6  
MAX : 7  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N6

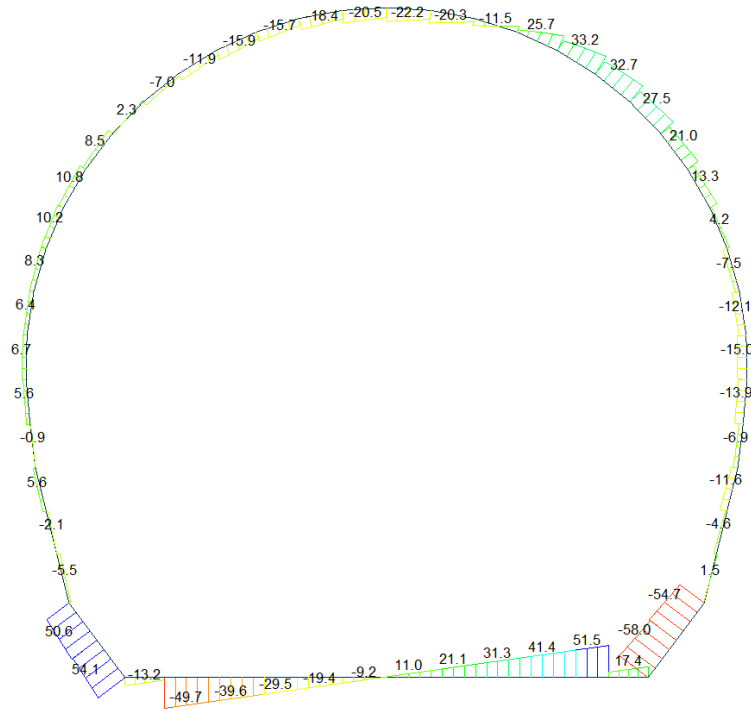


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N6  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/27/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N6



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

54.13
43.94
33.74
23.55
13.36
0.00
-7.03
-17.22
-27.41
-37.61
-47.80
-57.99

ST: N6

MAX : 52  
MIN : 13

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





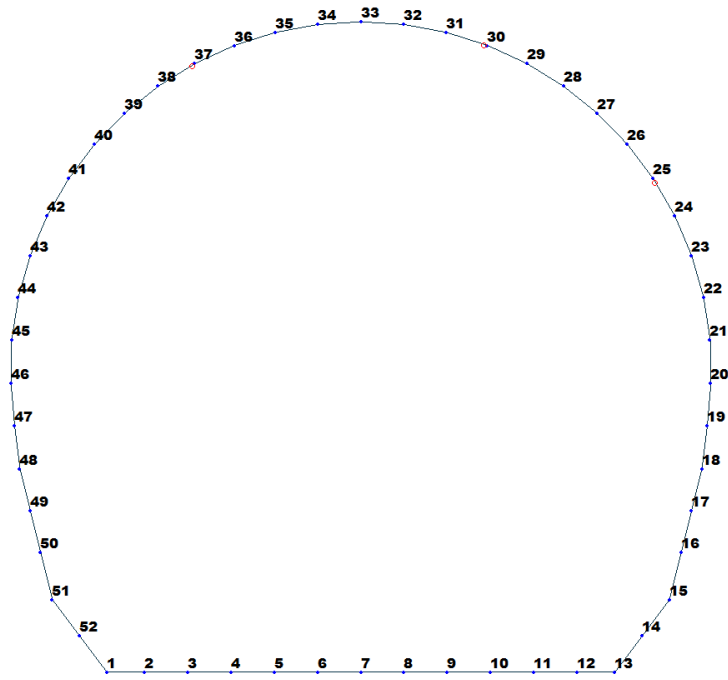


Figure 19 Beam end release

Table 6 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
24	Value	0	0	0	0	15950	0	0	0	0	0	0	0
30	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4280	0
37	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14050	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 30 j

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000234	[rad/kN <sup>2</sup> m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	4'280	[kN <sup>2</sup> /rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	11.500	[kN <sup>2</sup> m]	e	0.1416	[m]
$N_{nodo}$	81.200	[kN]	a	0.03	[m]
$V_{nodo}$	8.860	[kN]	$\Phi_{pöttler}$	0.0026258	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0002283	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	4'380	[kN <sup>2</sup> /rad]

2.625779

ITERAZIONE IN NODO 24 i

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000063	[rad/kN <sup>2</sup> m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	15'950	[kN <sup>2</sup> /rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	14.400	[kN <sup>2</sup> m]	e	0.1344	[m]
$N_{nodo}$	107.130	[kN]	a	0.05	[m]
$V_{nodo}$	12.810	[kN]	$\Phi_{pöttler}$	0.0008790	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000610	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	16'383	[kN <sup>2</sup> /rad]

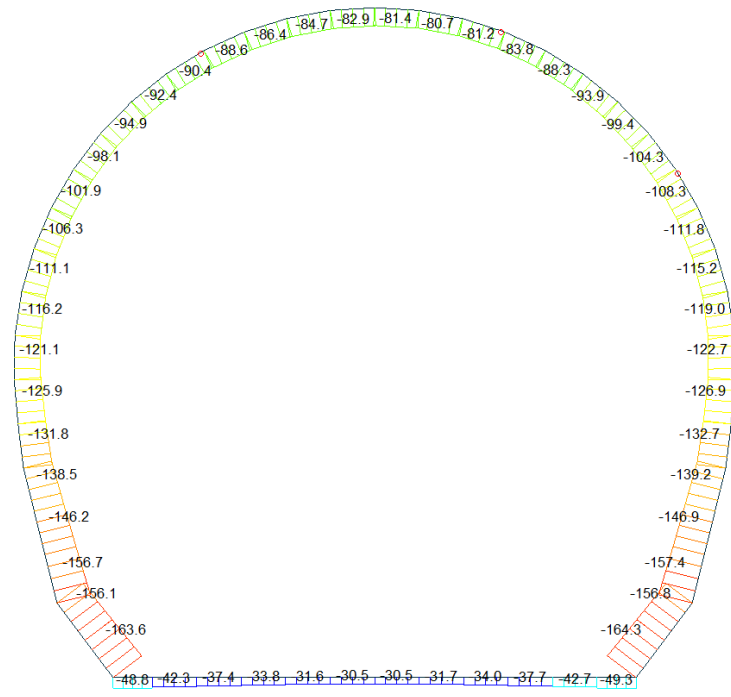
0.878959

ITERAZIONE IN NODO 37 j

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000071	[rad/kN <sup>2</sup> m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	14'050	[kN <sup>2</sup> /rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	11.880	[kN <sup>2</sup> m]	e	0.1354	[m]
$N_{nodo}$	87.770	[kN]	a	0.04	[m]
$V_{nodo}$	11.700	[kN]	$\Phi_{pöttler}$	0.0008307	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000699	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	14'301	[kN <sup>2</sup> /rad]

0.830692

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6



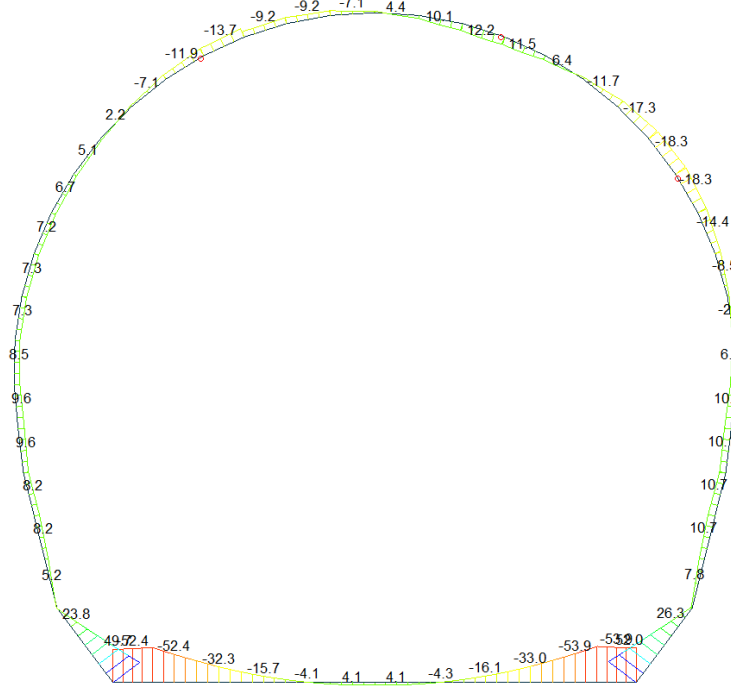
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-30.47
Cyan	-42.63
Green	-54.80
Light Green	-66.97
Yellow-Green	-79.13
Yellow	-91.30
Orange	-103.46
Light Orange	-115.63
Red-Orange	-127.79
Red	-139.96
Dark Red	-152.13
Black	-164.29

ST: N6  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3 (-)  
UNIT: kN  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N6



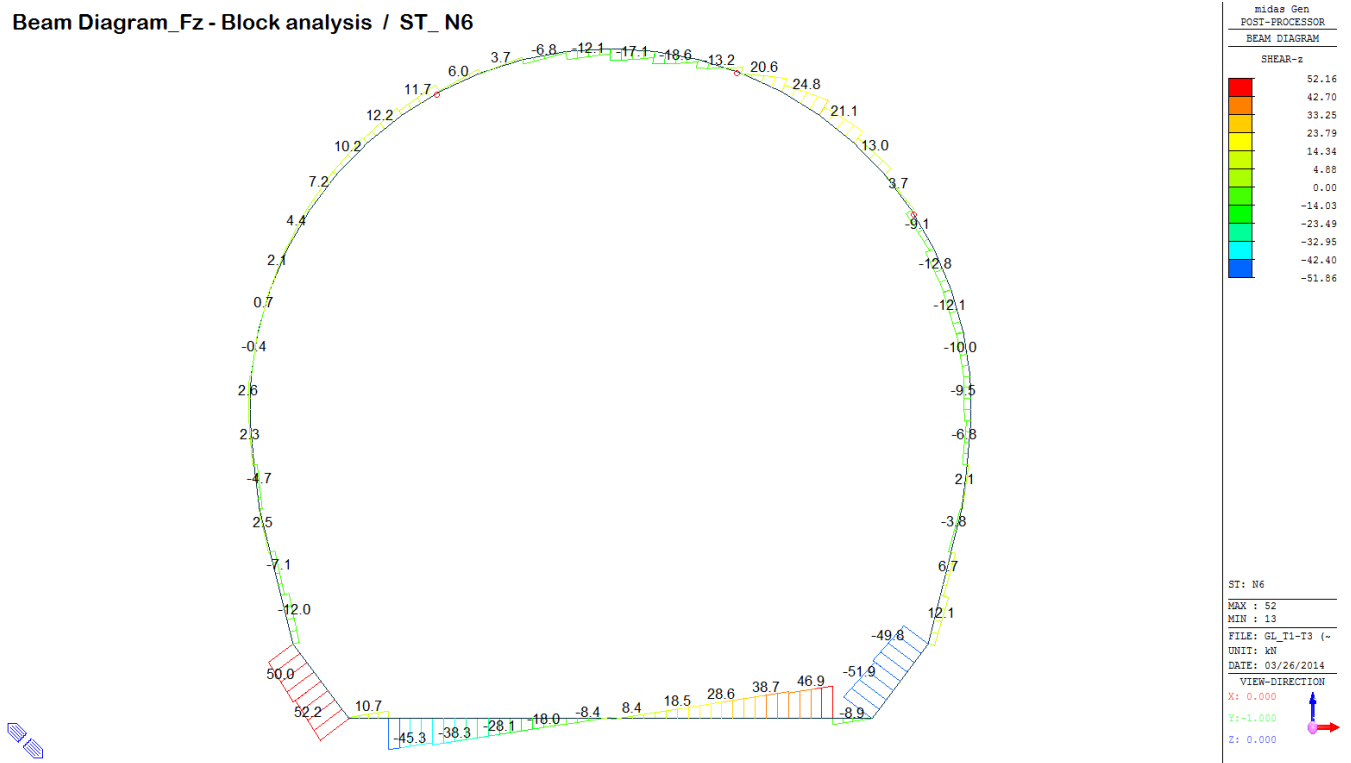
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	51.96
Cyan	42.34
Green	32.71
Light Green	23.09
Yellow-Green	13.47
Yellow	0.00
Orange	-5.78
Light Orange	-15.40
Red-Orange	-25.03
Red	-34.65
Dark Red	-44.27
Black	-53.90

ST: N6  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-T3 (-)  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N6



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 30 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd, 90\%}$
N6	30 j	Calotta	11.5	81.2	8.9	26'400'000	0.142	0.30	OK	6.46	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{fIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	30 j	0.025	2.6257786	4'280	4'380	OK	0.722	OK	1.03	0.53	7.14	2.78	OK

VERIFICA SEZIONE NODO 24 i

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd, 90\%}$
N6	24 i	Volta Dx	14.4	107.1	12.8	26'400'000	0.134	0.30	OK	4.58	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{fIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	24 i	0.047	0.8789590	15'950	16'383	OK	0.223	OK	1.03	0.41	7.14	2.40	OK

VERIFICA SEZIONE NODO 37 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd, 90\%}$
N6	37 j	Volta Sx	11.9	87.8	11.7	26'400'000	0.135	0.30	OK	4.00	15.36	OK

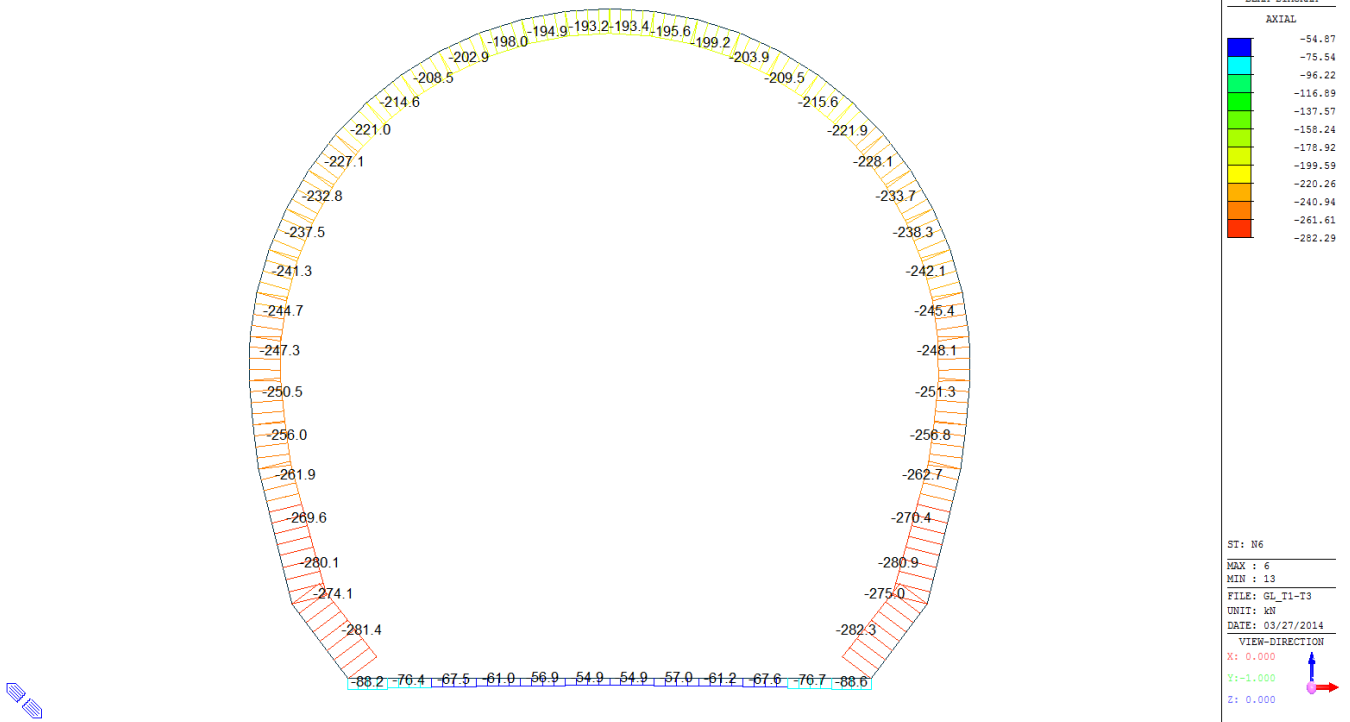
  

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{fIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	37 j	0.044	0.8306924	14'050	14'301	OK	0.213	OK	1.03	0.40	7.14	2.27	OK

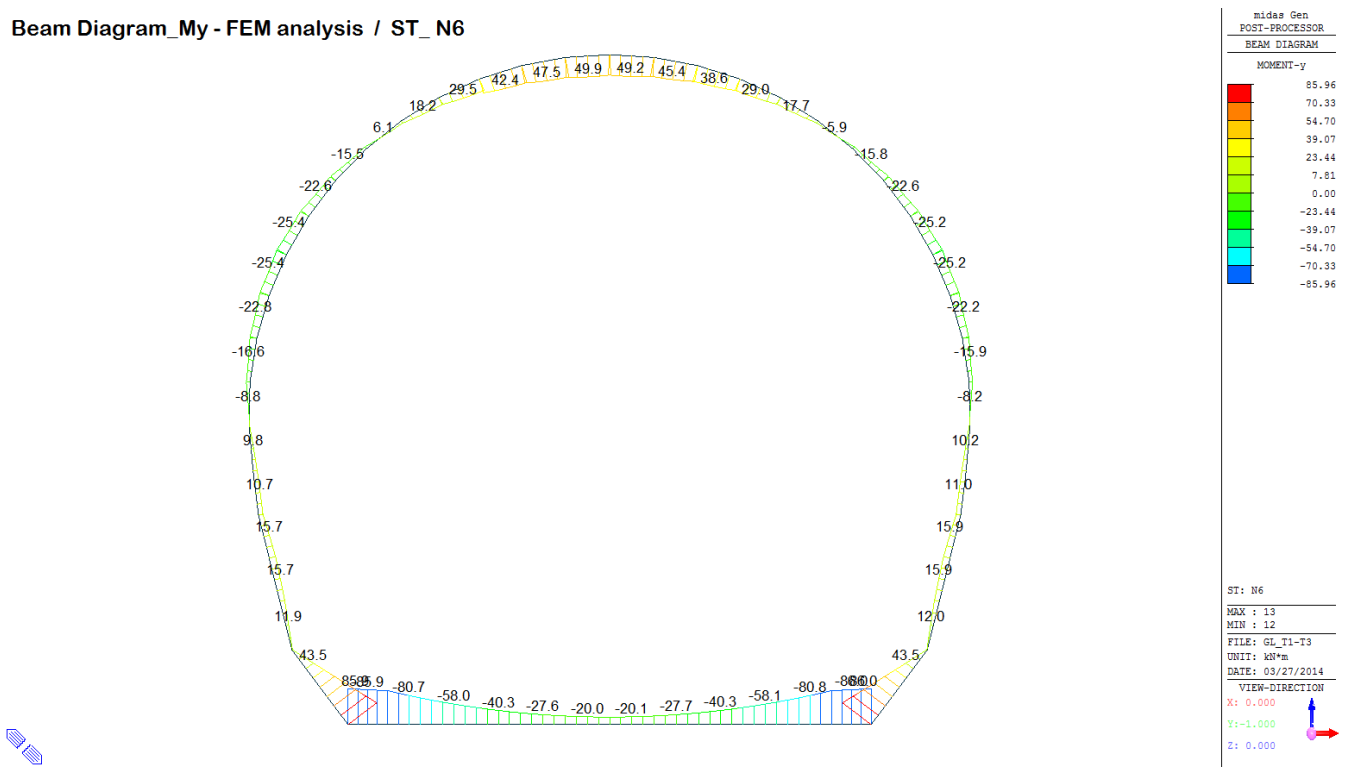


A.5.4.8. Load combination SLU 6 FEM analysis

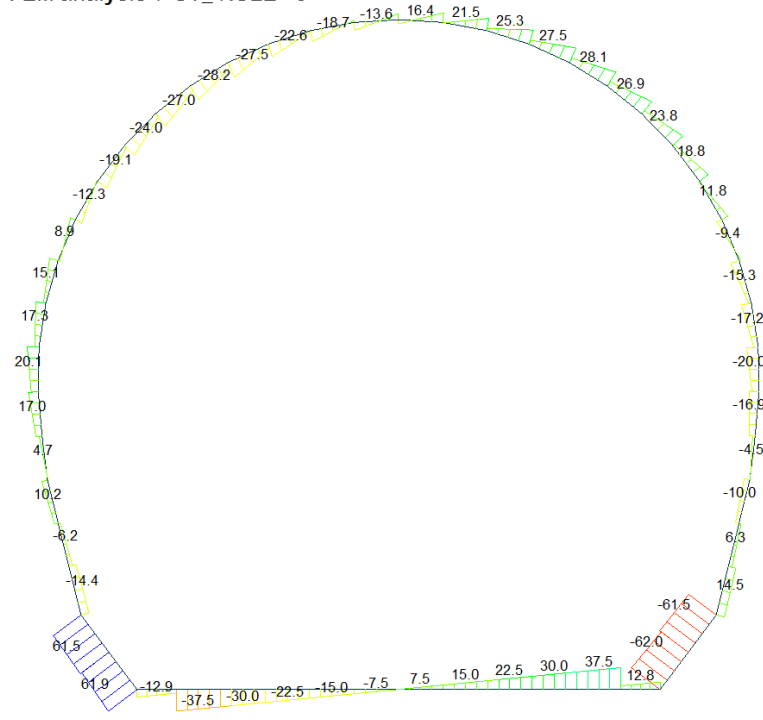
Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N6



Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_NSLE - 6



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

61.92
50.65
39.39
28.12
16.86
0.00
-5.67
-16.93
-28.20
-39.46
-50.73
-61.99

ST: NSLE - 6  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





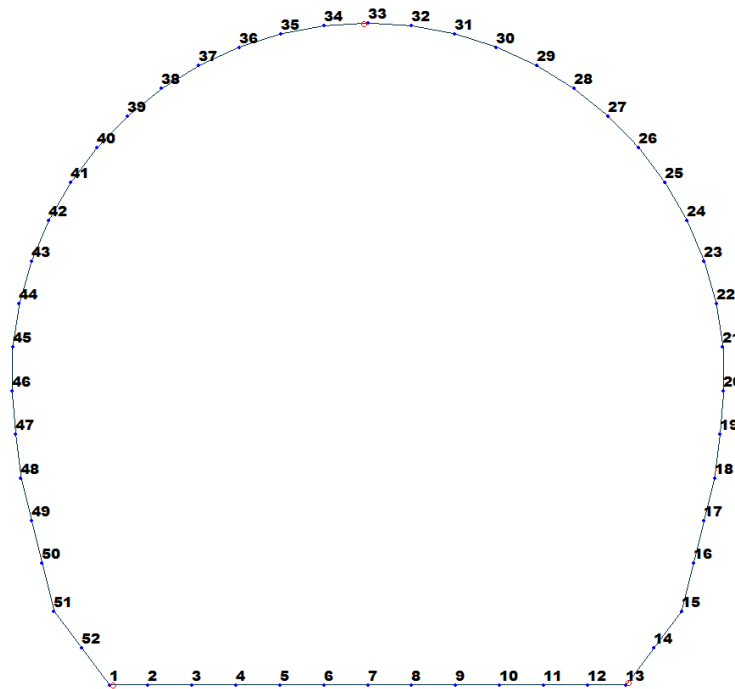


Figure 20 Beam end release

Table 7 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
1	Value	0	0	0	0	212900	0	0	0	0	0	0	0
13	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213400	0
33	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38950	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 33 j

MIDAS				PÖTTLER			
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000026	[rad/kN*m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	38'950	[kN*m/rad]		d	0.30	[m]	
$M_{nodo}$	26.150	[kN*m]		e	0.1274	[m]	
$N_{nodo}$	205.280	[kN]		a	0.07	[m]	
$V_{nodo}$	14.530	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0006823	[rad]	0.682311
$Cf_{MIDAS} \approx Cf_{pöttler}$	SI			$Cf_{pöttler}$	0.0000261	[rad/kN*m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/Cf_{pöttler}$	38'326	[kN*m/rad]	

ITERAZIONE IN NODO 1 j

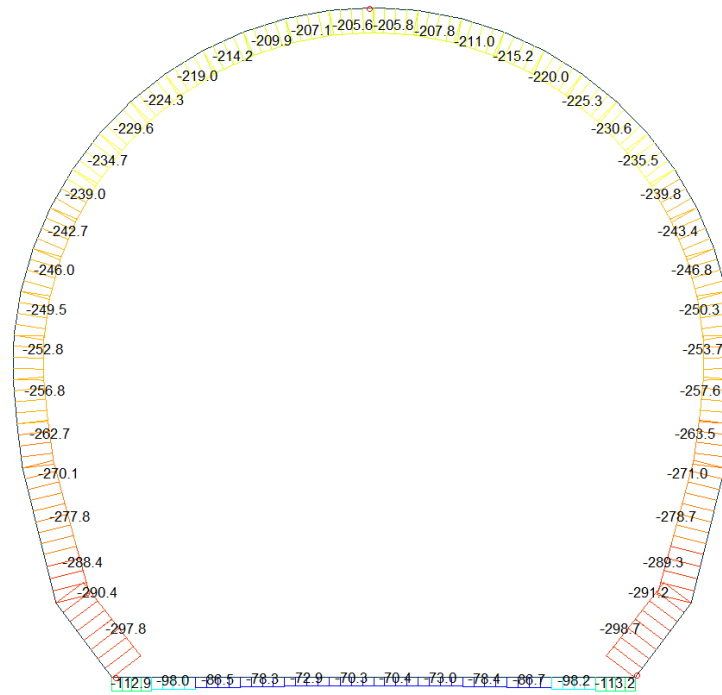
MIDAS				PÖTTLER			
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000005	[rad/kN*m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	212'900	[kN*m/rad]		d	0.60	[m]	
$M_{nodo}$	28.040	[kN*m]		e	0.2483	[m]	
$N_{nodo}$	112.920	[kN]		a	0.16	[m]	
$V_{nodo}$	50.970	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0001321	[rad]	0.132081
$Cf_{MIDAS} \approx Cf_{pöttler}$	SI			$Cf_{pöttler}$	0.0000047	[rad/kN*m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/Cf_{pöttler}$	212'295	[kN*m/rad]	

ITERAZIONE IN NODO 13 j

MIDAS				PÖTTLER			
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000005	[rad/kN*m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	213'400	[kN*m/rad]		d	0.60	[m]	
$M_{nodo}$	28.100	[kN*m]		e	0.2482	[m]	
$N_{nodo}$	113.210	[kN]		a	0.16	[m]	
$V_{nodo}$	51.150	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0001317	[rad]	0.131687
$Cf_{MIDAS} \approx Cf_{pöttler}$	SI			$Cf_{pöttler}$	0.0000047	[rad/kN*m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/Cf_{pöttler}$	213'385	[kN*m/rad]	



Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



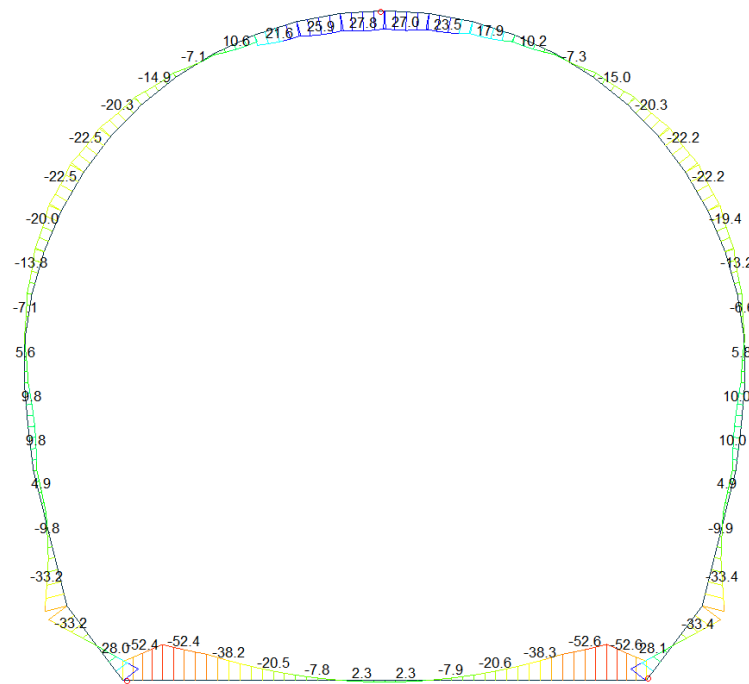
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-70.33
Cyan	-91.09
Green	-111.85
Light Green	-132.61
Yellow-Green	-153.37
Yellow	-174.13
Orange	-194.89
Light Red	-215.65
Red	-236.41
Dark Red	-257.17
Very Dark Red	-277.93
Black	-298.69

ST: N6  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3 (P-  
UNIT: kN  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N6



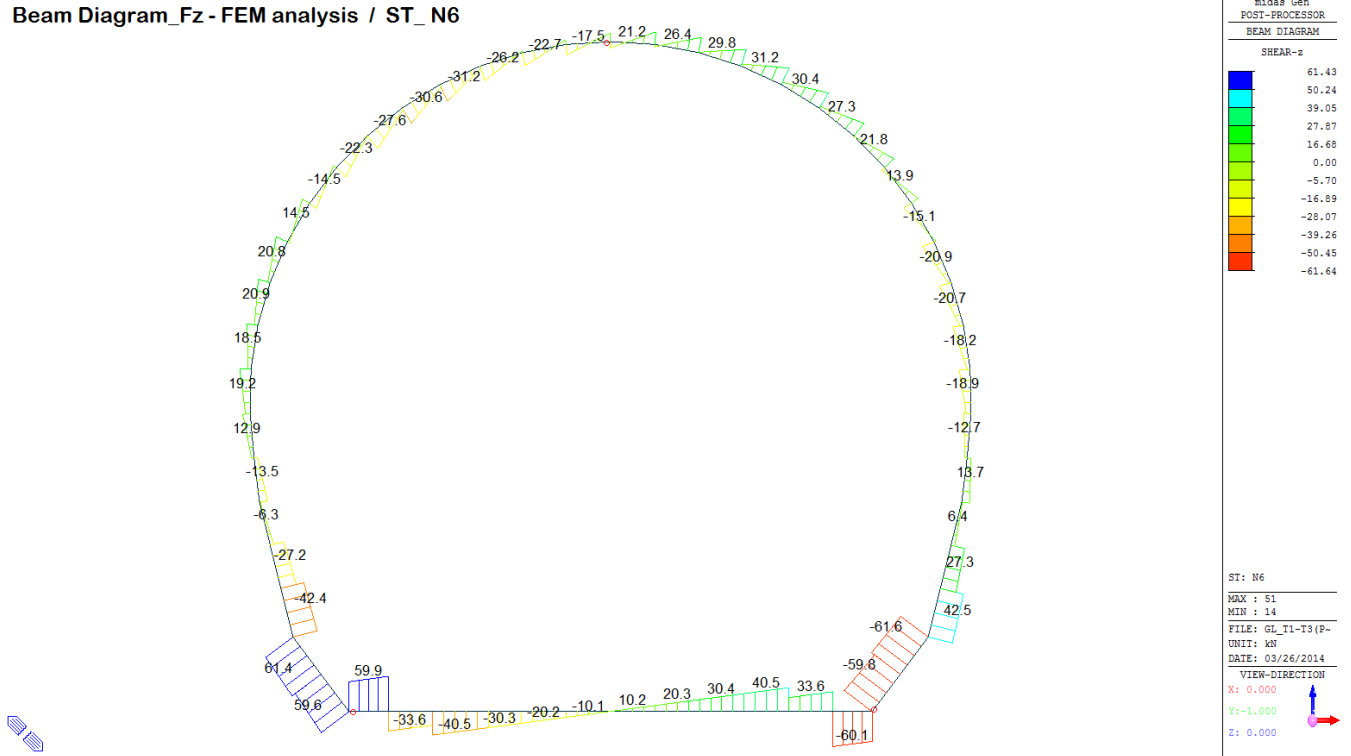
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	28.10
Cyan	20.76
Green	13.43
Light Green	6.10
Yellow-Green	0.00
Yellow	-8.57
Orange	-15.90
Light Red	-23.24
Red	-30.57
Dark Red	-37.90
Very Dark Red	-45.24
Black	-52.57

ST: N6  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-T3 (P-  
UNIT: kNm  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N6



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{s}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{td}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_s$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 33 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	33 j	Calotta	26.2	205.3	14.5	26'400'000	0.127	0.30	OK	6.05	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	33 j	0.068	0.6823115	38'950	38'326	OK	0.158	OK	1.03	0.32	7.14	2.70	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 1 i

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	1 i	Volta Dx	28.0	112.9	51.0	26'400'000	0.248	0.60	OK	1.46	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	1 i	0.155	0.1320806	212'900	212'295	OK	0.059	OK	1.03	0.49	7.14	1.60	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 12 j

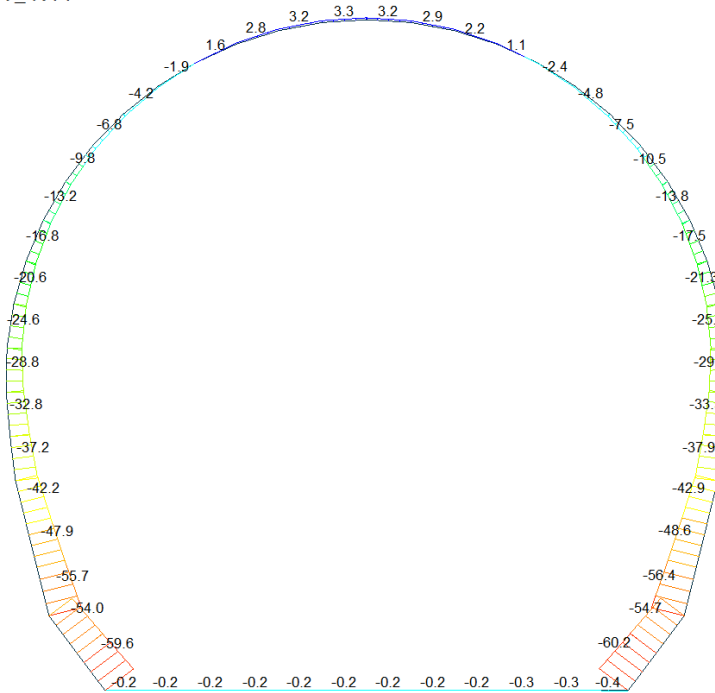
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	12 j	Volta Sx	28.1	113.2	51.2	26'400'000	0.248	0.60	OK	1.46	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	12 j	0.155	0.1316869	213'400	213'385	OK	0.059	OK	1.03	0.49	7.14	1.60	OK
Iterazione ok													



A.5.4.9. Load combination SLU 11

Beam Diagram\_Fx / ST\_N11



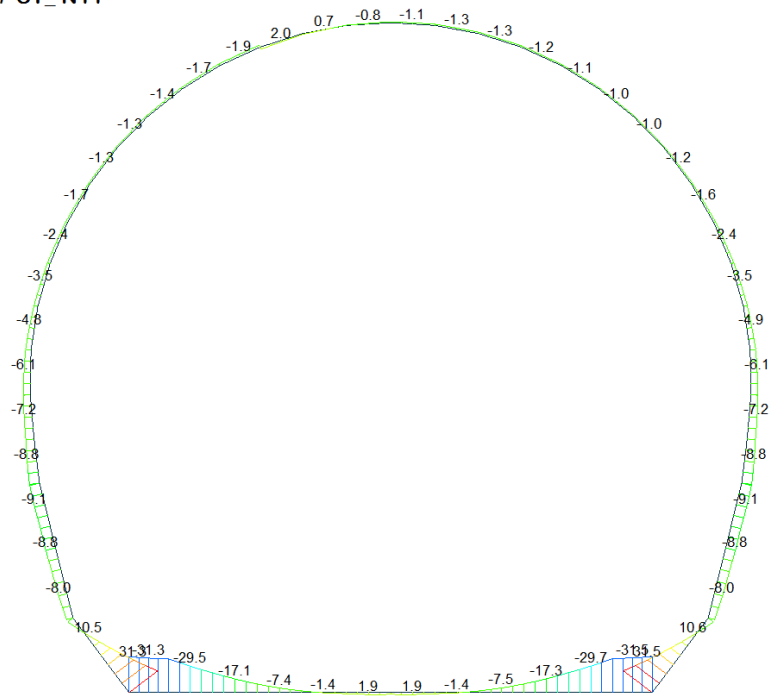
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

3.29
0.00
-8.26
-14.04
-19.81
-25.59
-31.37
-37.14
-42.92
-48.69
-54.47
-60.25

ST: N11  
MAX : 33  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N11



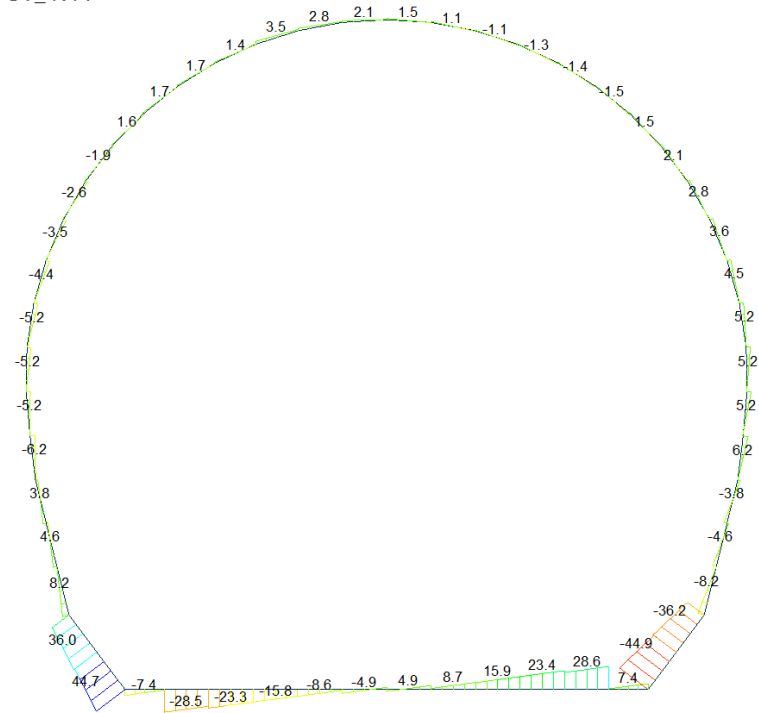
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

31.51
25.78
20.05
14.32
8.59
2.86
0.00
-8.59
-14.32
-20.05
-25.78
-31.51

ST: N11  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N11



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

44.68
36.54
28.40
20.25
12.11
0.00
-4.18
-12.32
-20.46
-28.61
-36.75
-44.89

ST: N11  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014

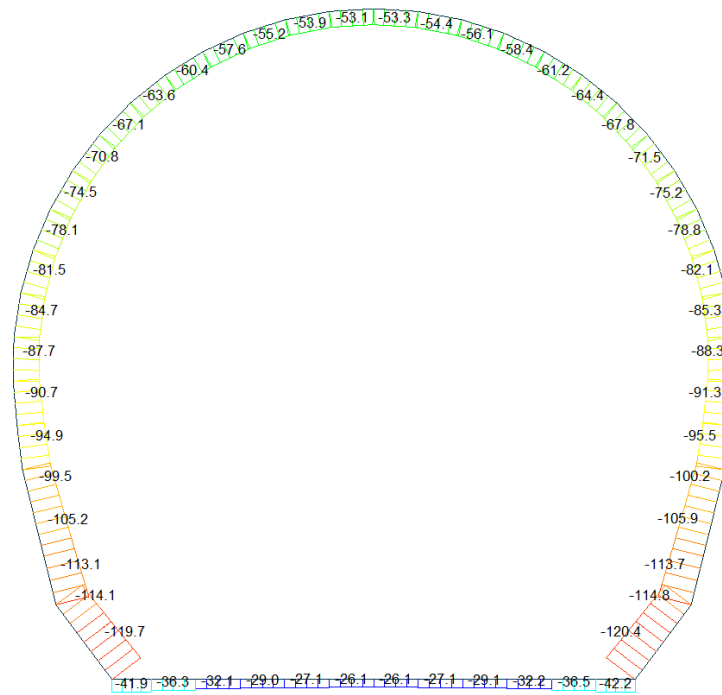
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





A.5.4.10. Load combination SLU 12

Beam Diagram\_Fx / ST\_N12



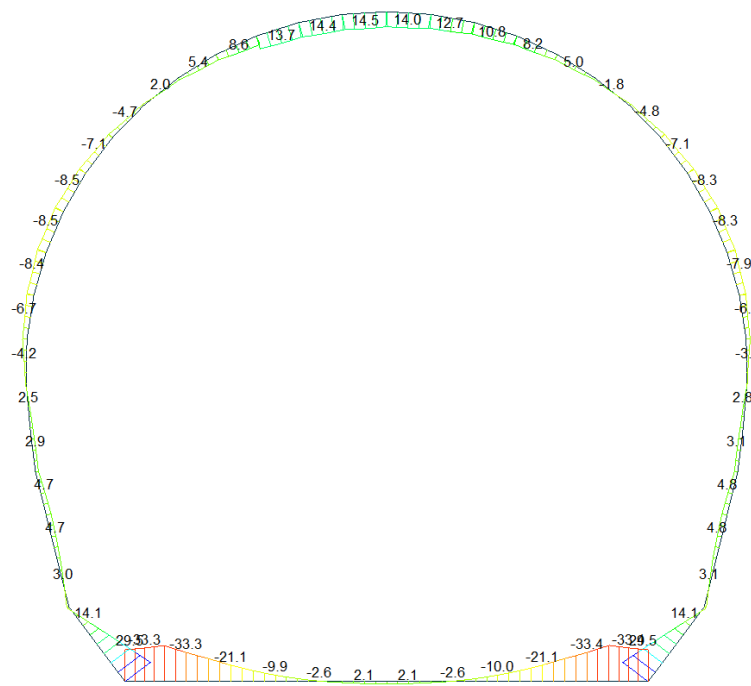
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-26.12
Cyan	-34.68
Green	-43.25
Light Green	-51.82
Yellow-Green	-60.39
Yellow	-68.96
Orange	-77.53
Light Orange	-86.09
Red-Orange	-94.66
Red	-103.23
Dark Red	-111.80
Dark Red	-120.37

ST: N12  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N12



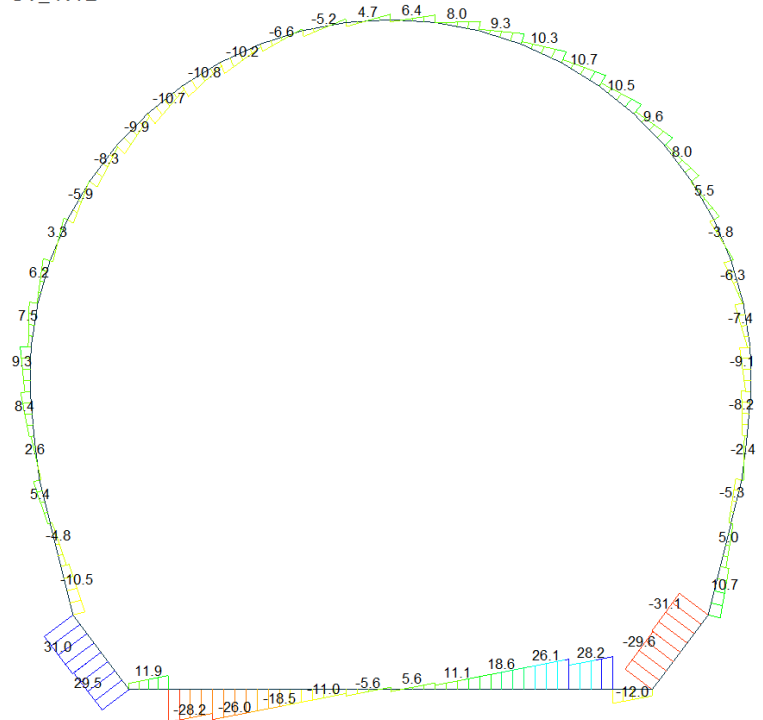
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	29.54
Cyan	23.82
Green	18.10
Light Green	12.38
Yellow-Green	6.66
Yellow	0.00
Orange	-4.78
Light Orange	-10.50
Red-Orange	-16.23
Red	-21.95
Dark Red	-27.67
Dark Red	-33.39

ST: N12  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N12



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

31.00
25.35
19.71
14.07
8.42
0.00
-2.86
-8.51
-14.15
-19.79
-25.44
-31.08

ST: N12

MAX : 51

MIN : 14

FILE: GL\_T1-T3

UNIT: kN

DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION

X: 0.000

Y: -1.000

Z: 0.000



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

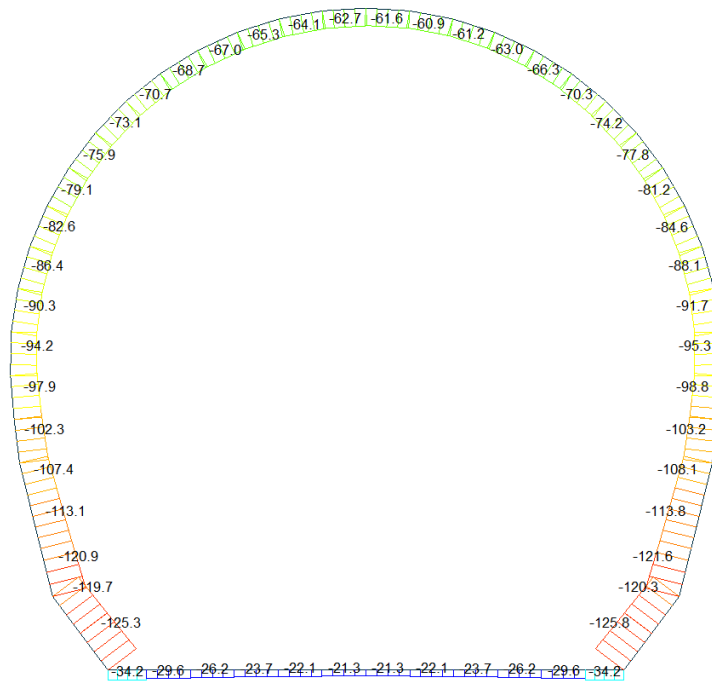
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_g$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
												$\tau_{cp,mod} \leq F_{ctd}$			
N12	1	J[1]	-35.8	-40.2	0.2	0.60	-0.66	0.53	-20.47	1.37	OK	0.001	0.332	1.53	OK
N12	1	J[2]	-37.2	-40.1	6.4	0.60	-0.69	0.55	-20.47	1.37	OK	0.016	0.343	1.54	OK
N12	2	J[2]	-37.2	-34.8	32.7	0.60	-0.68	0.56	-20.47	1.37	OK	0.082	0.339	1.53	OK
N12	2	J[3]	-22.7	-34.8	25.2	0.60	-0.44	0.32	-20.47	1.37	OK	0.063	0.218	1.48	OK
N12	3	J[3]	-22.7	-30.7	27.5	0.60	-0.43	0.33	-20.47	1.37	OK	0.069	0.215	1.48	OK
N12	3	J[4]	-10.9	-30.7	20.0	0.60	-0.23	0.13	-20.47	1.37	OK	0.050	0.116	1.43	OK
N12	4	J[4]	-10.9	-27.8	20.0	0.60	-0.23	0.13	-20.47	1.37	OK	0.050	0.114	1.43	OK
N12	4	J[5]	-2.8	-27.8	12.5	0.60	-0.09	0.00	-20.47	1.37	OK	0.031	0.046	1.40	OK
N12	5	J[5]	-2.8	-25.9	12.5	0.60	-0.09	0.00	-20.47	1.37	OK	0.031	0.045	1.40	OK
N12	5	J[6]	1.6	-25.9	5.0	0.60	-0.02	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.012	0.043	1.39	OK
N12	6	J[6]	1.6	-25.0	6.0	0.60	-0.02	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.015	0.042	1.39	OK
N12	6	J[7]	2.7	-25.0	1.6	0.60	0.00	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.043	1.39	OK
N12	7	J[7]	2.7	-25.0	1.5	0.60	0.00	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.043	1.39	OK
N12	7	J[8]	1.6	-25.0	6.0	0.60	-0.02	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.015	0.042	1.39	OK
N12	8	J[8]	1.6	-26.0	5.0	0.60	-0.02	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.012	0.043	1.39	OK
N12	8	J[9]	-2.8	-26.0	12.5	0.60	-0.09	0.00	-20.47	1.37	OK	0.031	0.045	1.40	OK
N12	9	J[9]	-2.8	-27.9	12.5	0.60	-0.09	0.00	-20.47	1.37	OK	0.031	0.047	1.40	OK
N12	9	J[10]	-10.9	-27.9	20.0	0.60	-0.23	0.14	-20.47	1.37	OK	0.050	0.114	1.43	OK
N12	10	J[10]	-10.9	-30.9	20.0	0.60	-0.23	0.13	-20.47	1.37	OK	0.050	0.117	1.43	OK
N12	10	J[11]	-22.8	-30.9	27.5	0.60	-0.43	0.33	-20.47	1.37	OK	0.069	0.216	1.48	OK
N12	11	J[11]	-22.8	-35.0	25.2	0.60	-0.44	0.32	-20.47	1.37	OK	0.063	0.219	1.48	OK
N12	11	J[12]	-37.3	-35.0	32.7	0.60	-0.68	0.56	-20.47	1.37	OK	0.082	0.340	1.53	OK
N12	12	J[12]	-37.3	-40.4	6.5	0.60	-0.69	0.55	-20.47	1.37	OK	0.016	0.344	1.54	OK
N12	12	J[13]	-35.9	-40.5	0.1	0.60	-0.67	0.53	-20.47	1.37	OK	0.000	0.333	1.53	OK
N12	13	J[14]	20.0	-112.5	30.5	0.55	0.19	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.083	0.300	1.52	OK
N12	13	J[13]	35.9	-118.3	30.1	0.55	0.50	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.082	0.463	1.59	OK
N12	14	J[15]	3.2	-106.9	32.2	0.55	-0.13	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.088	0.194	1.47	OK
N12	14	J[14]	20.0	-112.7	31.8	0.55	0.19	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.087	0.300	1.52	OK
N12	15	J[16]	7.2	-104.5	5.4	0.57	-0.05	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.014	0.183	1.46	OK
N12	15	J[15]	3.2	-112.3	8.6	0.57	-0.14	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.023	0.197	1.47	OK
N12	16	J[17]	7.9	-98.8	0.1	0.47	0.00	-0.42	-20.47	1.37	OK	0.000	0.212	1.48	OK
N12	16	J[16]	7.2	-104.5	3.0	0.47	-0.03	-0.42	-20.47	1.37	OK	0.010	0.222	1.48	OK
N12	17	J[18]	5.0	-93.9	7.4	0.40	-0.05	-0.42	-20.47	1.37	OK	0.028	0.235	1.49	OK
N12	17	J[17]	7.9	-98.8	4.1	0.40	0.05	-0.54	-20.47	1.37	OK	0.015	0.271	1.50	OK
N12	18	J[19]	3.7	-90.1	4.7	0.35	-0.08	-0.44	-20.47	1.37	OK	0.020	0.257	1.50	OK
N12	18	J[18]	5.0	-94.4	0.7	0.35	-0.02	-0.52	-20.47	1.37	OK	0.003	0.270	1.50	OK
N12	19	J[20]	-0.5	-86.5	10.4	0.30	-0.32	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.052	0.288	1.51	OK
N12	19	J[19]	3.7	-90.3	6.2	0.30	-0.05	-0.55	-20.47	1.37	OK	0.031	0.301	1.52	OK
N12	20	J[21]	-4.9	-83.7	11.2	0.30	-0.61	0.05	-20.47	1.37	OK	0.056	0.303	1.52	OK
N12	20	J[20]	-0.5	-87.4	6.7	0.30	-0.32	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.033	0.291	1.51	OK
N12	21	J[22]	-8.0	-81.0	8.7	0.30	-0.80	0.26	-20.47	1.37	OK	0.043	0.401	1.56	OK
N12	21	J[21]	-4.9	-84.7	3.6	0.30	-0.61	0.05	-20.47	1.37	OK	0.018	0.305	1.52	OK
N12	22	J[23]	-9.5	-77.9	5.7	0.30	-0.89	0.37	-20.47	1.37	OK	0.028	0.445	1.58	OK
N12	22	J[22]	-8.0	-81.5	0.2	0.30	-0.80	0.26	-20.47	1.37	OK	0.001	0.402	1.56	OK
N12	23	J[24]	-9.0	-74.6	2.0	0.30	-0.85	0.35	-20.47	1.37	OK	0.010	0.423	1.57	OK
N12	23	J[23]	-9.5	-78.0	3.9	0.30	-0.89	0.37	-20.47	1.37	OK	0.020	0.445	1.58	OK
N12	24	J[25]	-7.0	-71.0	0.8	0.30	-0.70	0.23	-20.47	1.37	OK	0.004	0.351	1.54	OK
N12	24	J[24]	-9.0	-74.3	7.2	0.30	-0.85	0.35	-20.47	1.37	OK	0.036	0.423	1.57	OK
N12	25	J[26]	-3.9	-67.4	2.7	0.30	-0.49	0.04	-20.47	1.37	OK	0.014	0.244	1.49	OK
N12	25	J[25]	-7.0	-70.4	9.5	0.30	-0.70	0.23	-20.47	1.37	OK	0.047	0.350	1.54	OK
N12	26	J[27]	-0.2	-63.9	3.9	0.30	-0.23	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.019	0.213	1.48	OK
N12	26	J[26]	-3.9	-66.6	11.0	0.30	-0.48	0.04	-20.47	1.37	OK	0.055	0.242	1.49	OK
N12	27	J[28]	3.8	-60.6	4.3	0.30	0.05	-0.45	-20.47	1.37	OK	0.021	0.227	1.48	OK
N12	27	J[27]	-0.2	-62.9	11.7	0.30	-0.22	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.059	0.210	1.47	OK
N12	28	J[29]	7.7	-57.6	4.0	0.30	0.32	-0.71	-20.47	1.37	OK	0.020	0.353	1.54	OK
N12	28	J[28]	3.8	-59.6	11.7	0.30	0.05	-0.45	-20.47	1.37	OK	0.059	0.225	1.48	OK
N12	29	J[30]	11.3	-55.1	3.2	0.30	0.57	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.016	0.467	1.59	OK
N12	29	J[29]	7.7	-56.7	11.1	0.30	0.32	-0.70	-20.47	1.37	OK	0.055	0.351	1.54	OK
N12	30	J[31]	14.2	-53.2	1.8	0.30	0.77	-1.12	-20.47	1.37	OK	0.009	0.561	1.63	OK
N12	30	J[30]	11.3	-54.3	9.9	0.30	0.57	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.050	0.466	1.59	OK
N12	31	J[32]	16.3	-51.9	0.2	0.30	0.91	-1.26	-20.47	1.37	OK	0.001	0.630	1.66	OK
N12	31	J[31]	14.2	-52.5	8.4	0.30	0.77	-1.12	-20.47	1.37	OK	0.042	0.560	1.63	OK
N12	32	J[33]	17.5	-51.2	1.7	0.30	1.00	-1.34	-20.47	1.37	OK	0.009	0.669	1.67	OK
N12	32	J[32]	16.3	-51.4	6.5	0.30	0.92	-1.26	-20.47	1.37	OK	0.033	0.629	1.66	OK
N12	33	J[34]	17.8	-51.3	3.6	0.30	1.01	-1.35	-20.47	1.37	OK	0.018	0.677	1.68	OK
N12	33	J[33]	17.5	-51.0	4.6	0.30	1.00	-1.34	-20.47	1.37	OK	0.023	0.669	1.67	OK
N12	34	J[35]	17.1	-52.0	5.5	0.30	0.96	-1.31	-20.47	1.37	OK	0.027	0.655	1.67	OK
N12	34	J[34]	17.1	-51.3	2.7	0.30	1.01	-1.36	-20.47	1.37	OK	0.013	0.678	1.68	OK
N12	35	J[36]	15.5	-53.4	7.1	0.30	0.86	-1.21	-20.47	1.37	OK	0.036	0.606	1.65	OK
N12	35	J[35]	17.1	-52.3	0.9	0.30	0.96	-1.31	-20.47	1.37	OK	0.005	0.656	1.67	OK
N12	36	J[37]	8.2	-55.9	11.0	0.30	0.36	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.055	0.366	1.55	OK
N12	36	J[36]	11.7	-54.3	3.1	0.30	0.60	-0.96	-20.47	1.37	OK	0.015	0.481	1.60	OK
N12	37	J[38]	4.3	-58.8	11.7	0.30	0.09	-0.48	-20.47	1.37	OK	0.059	0.240	1.49	OK
N12	37	J[37]	8.2	-56.8	4.0	0.30	0.36	-0.74	-20.47	1.37	OK	0.020	0.368	1.55	OK
N12	38	J[39]	0.2	-62.1	11.8	0.30	-0.19	-0.22	-20.47	1.37	OK	0.059	0.207	1.47	OK
N12	38	J[38]	4.3	-59.8	4.4	0.30	0.08	-0.48	-20.47	1.37	OK	0.022	0.242	1.49	OK
N12	39	J[40]	-3.6	-65.8	11.2	0.30	-0.46	0.02	-20.47	1.37	OK	0.056	0.231	1.48	OK
N12	39	J[39]	0.2	-63.1	4.1	0.30	-0.20	-0.22	-20.47	1.37	OK	0.021	0.210	1.47	OK
N12	40	J[41]	-6.8	-69.7	9.8	0.30	-0.69	0.22	-20.47	1.37	OK	0.049	0.344	1.54	OK
N12	40	J[40]	-3.6	-66.7	3.1	0.30	-0.46	0.02	-20.47	1.37	OK	0.015	0.232	1.48	OK
N12	41	J[42]	-8.0	-73.6	7.6	0.30	-0.85	0.36	-20.47	1.37	OK	0.038	0.423	1.57	OK
N12	41	J[41]	-6.8	-70.3	1.2	0.30	-0.69	0.22	-20						

A.5.4.11. Load combination SLU 21 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

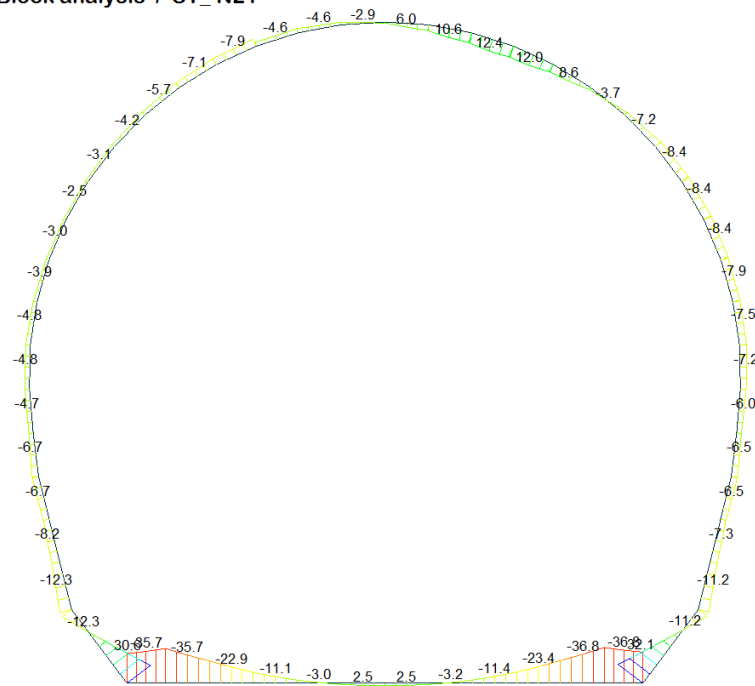
Blue	-21.26
Cyan	-30.77
Green	-40.27
Light Green	-49.77
Yellow-Green	-59.28
Yellow	-68.78
Orange	-78.28
Red-Orange	-87.79
Red	-97.29
Dark Red	-106.79
Dark Red	-116.30
Dark Red	-125.80

ST: N21  
MAX : 7  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

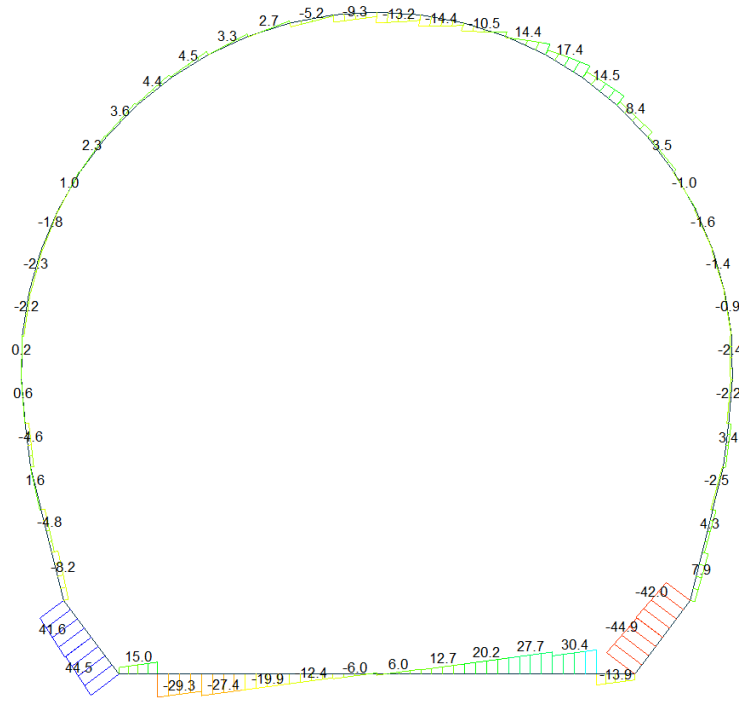
Blue	32.10
Cyan	25.84
Green	19.58
Light Green	13.32
Yellow-Green	7.06
Yellow	0.00
Orange	-5.46
Red-Orange	-11.72
Red	-17.98
Dark Red	-24.25
Dark Red	-30.51
Dark Red	-36.77

ST: N21  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/29/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



# Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

44.54
36.40
28.27
20.13
12.00
0.00
-4.27
-12.41
-20.54
-28.68
-36.81
-44.95

ST: N21  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



**VERIFICHE SEZIONALI**

**CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO**

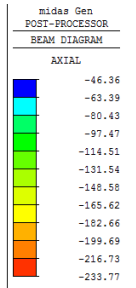
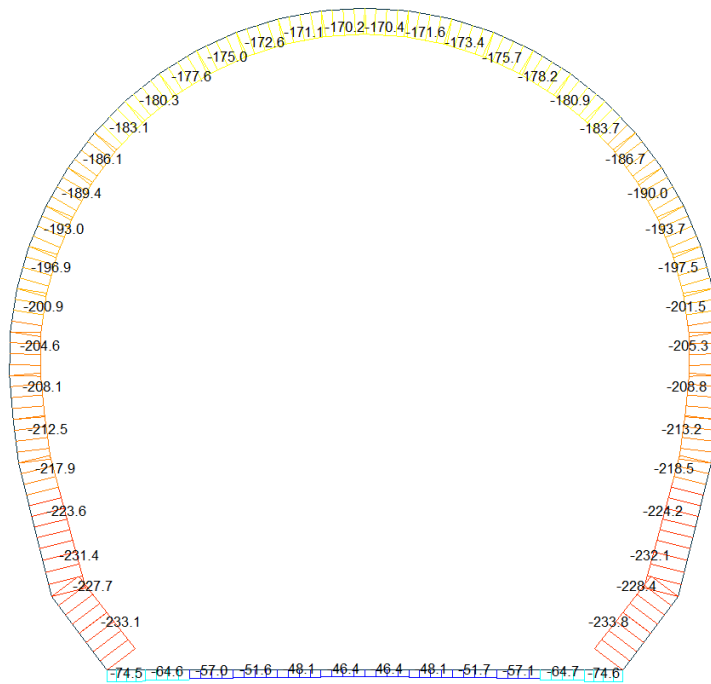
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{td,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_g$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

**VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE**

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
N21	1	J[1]	-30.6	-34.2	8.4	0.53	-0.72	0.59	-20.47	1.37	OK	0.024	0.359	1.54	OK
N21	1	J[2]	-35.7	-34.2	15.0	0.53	-0.83	0.70	-20.47	1.37	OK	0.042	0.414	1.57	OK
N21	2	J[2]	-35.7	-29.7	29.3	0.53	-0.82	0.71	-20.47	1.37	OK	0.083	0.410	1.56	OK
N21	2	J[3]	-22.9	-29.7	21.8	0.53	-0.55	0.43	-20.47	1.37	OK	0.062	0.273	1.50	OK
N21	3	J[3]	-22.9	-26.2	27.4	0.53	-0.54	0.44	-20.47	1.37	OK	0.078	0.270	1.50	OK
N21	3	J[4]	-11.1	-26.2	19.9	0.53	-0.29	0.19	-20.47	1.37	OK	0.056	0.143	1.44	OK
N21	4	J[4]	-11.1	-23.7	19.9	0.53	-0.28	0.19	-20.47	1.37	OK	0.056	0.141	1.44	OK
N21	4	J[5]	-3.1	-23.7	12.4	0.53	-0.11	0.02	-20.47	1.37	OK	0.035	0.055	1.40	OK
N21	5	J[5]	-3.1	-22.1	12.4	0.53	-0.11	0.02	-20.47	1.37	OK	0.035	0.053	1.40	OK
N21	5	J[6]	1.3	-22.1	4.9	0.53	-0.01	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.014	0.042	1.39	OK
N21	6	J[6]	1.3	-21.3	6.0	0.53	-0.01	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.017	0.040	1.39	OK
N21	6	J[7]	2.4	-21.3	1.5	0.53	0.01	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.046	1.40	OK
N21	7	J[7]	2.4	-21.3	1.5	0.53	0.01	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.046	1.40	OK
N21	7	J[8]	1.3	-21.3	6.0	0.53	-0.01	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.017	0.040	1.39	OK
N21	8	J[8]	1.3	-22.1	5.2	0.53	-0.01	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.015	0.042	1.39	OK
N21	8	J[9]	-3.2	-22.1	12.7	0.53	-0.11	0.03	-20.47	1.37	OK	0.036	0.055	1.40	OK
N21	9	J[9]	-3.2	-23.7	12.7	0.53	-0.11	0.02	-20.47	1.37	OK	0.036	0.057	1.40	OK
N21	9	J[10]	-11.5	-23.7	20.2	0.53	-0.29	0.20	-20.47	1.37	OK	0.057	0.145	1.44	OK
N21	10	J[10]	-11.5	-26.2	20.2	0.53	-0.29	0.20	-20.47	1.37	OK	0.057	0.147	1.44	OK
N21	10	J[11]	-23.4	-26.2	27.7	0.53	-0.55	0.45	-20.47	1.37	OK	0.078	0.275	1.50	OK
N21	11	J[11]	-23.4	-29.6	22.9	0.53	-0.56	0.44	-20.47	1.37	OK	0.065	0.278	1.51	OK
N21	11	J[12]	-36.8	-29.6	30.4	0.53	-0.84	0.73	-20.47	1.37	OK	0.086	0.421	1.57	OK
N21	12	J[12]	-36.8	-34.2	13.9	0.53	-0.85	0.72	-20.47	1.37	OK	0.039	0.425	1.57	OK
N21	12	J[13]	-32.1	-34.2	7.3	0.53	-0.75	0.62	-20.47	1.37	OK	0.021	0.375	1.55	OK
N21	13	J[13]	9.7	-120.0	40.6	0.48	0.00	-0.50	-20.47	1.37	OK	0.127	0.251	1.49	OK
N21	13	J[14]	32.1	-125.8	45.0	0.48	0.57	-1.10	-20.47	1.37	OK	0.140	0.549	1.62	OK
N21	14	J[15]	-11.2	-114.5	37.7	0.48	-0.53	0.05	-20.47	1.37	OK	0.118	0.266	1.50	OK
N21	14	J[14]	9.7	-120.3	42.0	0.48	0.00	-0.50	-20.47	1.37	OK	0.131	0.251	1.49	OK
N21	15	J[16]	-7.3	-113.8	7.9	0.50	-0.40	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.024	0.228	1.48	OK
N21	15	J[15]	-11.2	-121.6	5.9	0.50	-0.51	0.03	-20.47	1.37	OK	0.018	0.256	1.50	OK
N21	16	J[17]	-5.6	-108.1	4.3	0.40	-0.48	-0.06	-20.47	1.37	OK	0.016	0.270	1.50	OK
N21	16	J[16]	-7.3	-113.8	2.9	0.40	-0.56	-0.01	-20.47	1.37	OK	0.011	0.285	1.51	OK
N21	17	J[18]	-6.5	-103.3	1.3	0.33	-0.67	0.05	-20.47	1.37	OK	0.006	0.336	1.53	OK
N21	17	J[17]	-5.6	-108.1	2.5	0.33	-0.63	-0.02	-20.47	1.37	OK	0.011	0.328	1.53	OK
N21	18	J[19]	-4.9	-98.8	3.4	0.28	-0.73	0.02	-20.47	1.37	OK	0.018	0.365	1.54	OK
N21	18	J[18]	-6.5	-103.2	2.9	0.28	-0.87	0.13	-20.47	1.37	OK	0.015	0.433	1.57	OK
N21	19	J[20]	-6.0	-95.1	1.9	0.23	-1.09	0.26	-20.47	1.37	OK	0.012	0.545	1.62	OK
N21	19	J[19]	-4.9	-98.8	2.2	0.23	-0.99	0.13	-20.47	1.37	OK	0.015	0.494	1.60	OK
N21	20	J[21]	-7.2	-91.6	2.4	0.23	-1.21	0.41	-20.47	1.37	OK	0.016	0.605	1.65	OK
N21	20	J[20]	-6.0	-95.3	2.4	0.23	-1.09	0.26	-20.47	1.37	OK	0.015	0.546	1.62	OK
N21	21	J[22]	-7.5	-88.0	1.0	0.23	-1.23	0.47	-20.47	1.37	OK	0.006	0.616	1.65	OK
N21	21	J[21]	-7.2	-91.7	0.4	0.23	-1.21	0.41	-20.47	1.37	OK	0.002	0.605	1.65	OK
N21	22	J[23]	-7.9	-84.5	1.4	0.23	-1.26	0.53	-20.47	1.37	OK	0.009	0.632	1.66	OK
N21	22	J[22]	-7.5	-88.1	0.3	0.23	-1.23	0.47	-20.47	1.37	OK	0.002	0.616	1.65	OK
N21	23	J[24]	-8.4	-81.2	1.6	0.23	-1.30	0.60	-20.47	1.37	OK	0.011	0.651	1.67	OK
N21	23	J[23]	-7.9	-84.6	0.2	0.23	-1.27	0.53	-20.47	1.37	OK	0.001	0.633	1.66	OK
N21	24	J[25]	-8.4	-78.0	1.0	0.23	-1.29	0.61	-20.47	1.37	OK	0.007	0.646	1.67	OK
N21	24	J[24]	-8.4	-81.2	0.8	0.23	-1.30	0.60	-20.47	1.37	OK	0.005	0.651	1.67	OK
N21	25	J[26]	-7.2	-74.8	1.2	0.23	-1.15	0.50	-20.47	1.37	OK	0.008	0.573	1.63	OK
N21	25	J[25]	-8.4	-77.8	3.5	0.23	-1.29	0.62	-20.47	1.37	OK	0.023	0.646	1.66	OK
N21	26	J[27]	-3.7	-71.5	5.8	0.23	-0.73	0.11	-20.47	1.37	OK	0.038	0.365	1.54	OK
N21	26	J[26]	-7.2	-74.2	8.4	0.23	-1.14	0.50	-20.47	1.37	OK	0.055	0.572	1.63	OK
N21	27	J[28]	2.4	-70.9	9.1	0.23	-0.02	-0.57	-20.47	1.37	OK	0.059	0.295	1.51	OK
N21	27	J[27]	-3.7	-70.3	14.6	0.23	-0.72	0.11	-20.47	1.37	OK	0.095	0.362	1.54	OK
N21	28	J[29]	8.6	-64.3	6.5	0.23	0.70	-1.26	-20.47	1.37	OK	0.043	0.628	1.66	OK
N21	28	J[28]	2.4	-66.3	17.4	0.23	-0.01	-0.56	-20.47	1.37	OK	0.113	0.288	1.51	OK
N21	29	J[30]	12.0	-61.5	1.8	0.23	1.09	-1.62	-20.47	1.37	OK	0.012	0.812	1.73	OK
N21	29	J[29]	8.6	-63.1	14.4	0.23	0.70	-1.25	-20.47	1.37	OK	0.094	0.625	1.66	OK
N21	30	J[31]	10.6	-60.1	10.5	0.23	0.94	-1.46	-20.47	1.37	OK	0.069	0.730	1.70	OK
N21	30	J[30]	12.0	-61.2	5.8	0.23	1.09	-1.62	-20.47	1.37	OK	0.038	0.811	1.73	OK
N21	31	J[32]	6.0	-60.2	14.4	0.23	0.42	-0.94	-20.47	1.37	OK	0.094	0.471	1.59	OK
N21	31	J[31]	10.6	-60.9	3.1	0.23	0.93	-1.46	-20.47	1.37	OK	0.020	0.732	1.70	OK
N21	32	J[33]	0.8	-61.3	13.2	0.23	-0.18	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.086	0.267	1.50	OK
N21	32	J[32]	6.0	-61.6	6.9	0.23	0.41	-0.95	-20.47	1.37	OK	0.045	0.474	1.59	OK
N21	33	J[34]	-2.9	-62.7	9.3	0.23	-0.60	0.06	-20.47	1.37	OK	0.060	0.302	1.52	OK
N21	33	J[33]	0.8	-62.5	5.5	0.23	-0.18	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.036	0.272	1.50	OK
N21	34	J[35]	-4.6	-64.1	5.2	0.23	-0.80	0.24	-20.47	1.37	OK	0.034	0.400	1.56	OK
N21	34	J[34]	-2.9	-63.4	1.5	0.23	-0.61	0.06	-20.47	1.37	OK	0.010	0.303	1.52	OK
N21	35	J[36]	-4.1	-65.4	0.9	0.23	-0.75	0.18	-20.47	1.37	OK	0.006	0.376	1.55	OK
N21	35	J[35]	-4.6	-64.2	2.7	0.23	-0.80	0.24	-20.47	1.37	OK	0.018	0.400	1.56	OK
N21	36	J[37]	-7.1	-67.0	0.2	0.23	-1.10	0.52	-20.47	1.37	OK	0.001	0.551	1.63	OK
N21	36	J[36]	-7.9	-65.5	3.3	0.23	-1.18	0.61	-20.47	1.37	OK	0.021	0.591	1.64	OK
N21	37	J[38]	-5.7	-68.7	1.3	0.23	-0.95	0.35	-20.47	1.37	OK	0.008	0.473	1.59	OK
N21	37	J[37]	-7.1	-66.8	4.5	0.23	-1.10	0.52	-20.47	1.37	OK	0.029	0.550	1.62	OK
N21	38	J[39]	-4.2	-70.7	1.5	0.23	-0.78	0.17	-20.47	1.37	OK	0.010	0.392	1.56	OK
N21	38	J[38]	-5.7	-68.4	4.4	0.23	-0.94	0.35	-20.47	1.37	OK	0.029	0.472	1.59	OK
N21	39	J[40]	-3.1	-73.1	1.0	0.23	-0.67	0.03	-20.47	1.37	OK	0.006	0.333	1.53	OK
N21	39	J[39]	-4.2	-70.4	3.6	0.23	-0.78	0.17	-20.47	1.37	OK	0.023	0.392	1.56	OK
N21	40	J[41]	-2.5	-75.9	0.1	0.23	-0.61	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.001	0.330	1.53	OK
N21	40	J[40]	-3.1	-72.9	2.3	0.23	-0.67	0.03	-20.47	1.37	OK	0.015	0.333	1.53	OK
N21	41	J[42]	-2.5	-79.1	0.9	0.23	-0.62	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.006	0.344	1.54	OK
N21	41	J[41]	-2.5	-75.8	1.0	0.23	-0.61	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.006			

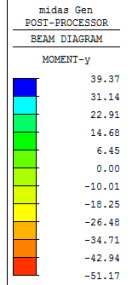
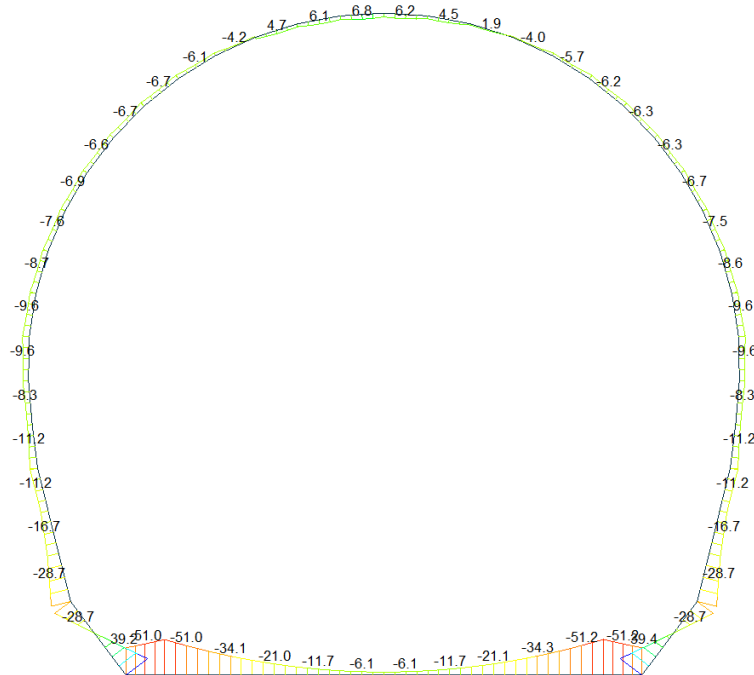
A.5.4.12. Load combination SLU 21 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / CBC\_N21



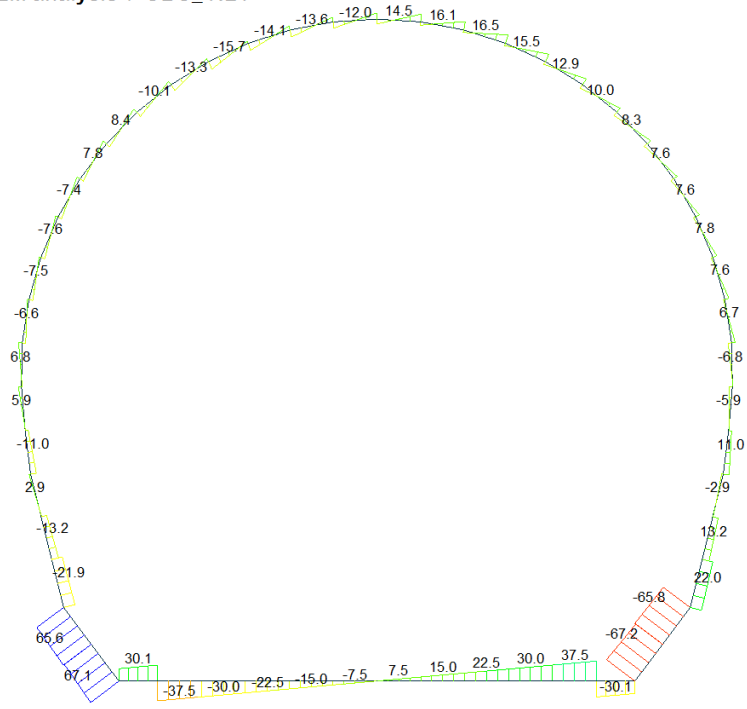
CBC: N21  
 MAX : 6  
 MIN : 13  
 FILE: GL\_T1-I3  
 UNIT: kN  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / CBC\_N21



CBC: N21  
 MAX : 13  
 MIN : 12  
 FILE: GL\_T1-I3  
 UNIT: kNm  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / CBC\_ N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

67.05
54.84
42.63
30.42
18.21
0.00
-6.20
-16.41
-30.62
-42.83
-55.04
-67.25

CBC: N21  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



## VERIFICHE SEZIONALI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

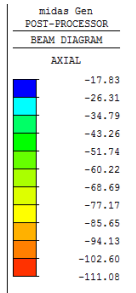
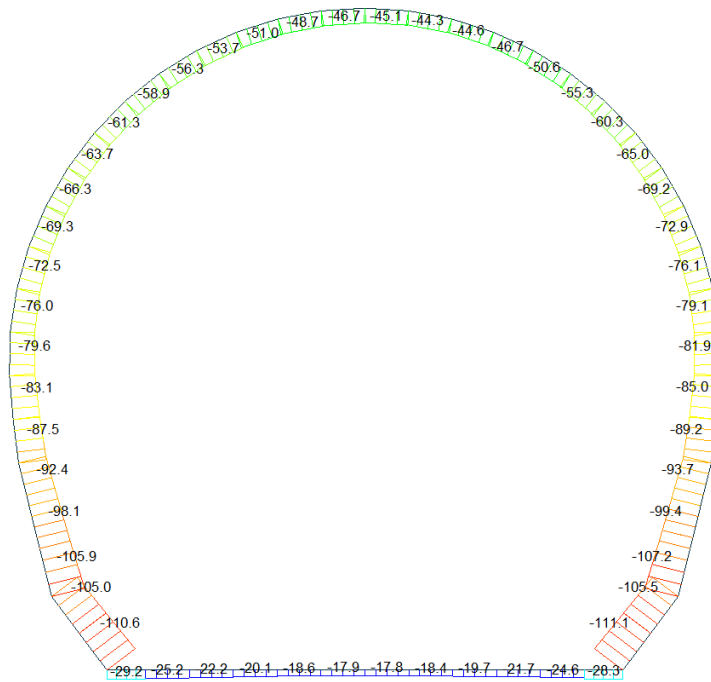
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,ss}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ctd,ss}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,ss}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{int}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,50\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{sp,EC2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
N21	1	I[1]	-39.2	-74.5	23.5	0.53	-0.98	0.70	-20.47	1.37	OK	0.066	0.489	1.60	OK
N21	1	J[2]	-51.0	-74.5	30.1	0.53	-1.23	0.95	-20.47	1.37	OK	0.085	0.615	1.65	OK
N21	2	I[2]	-51.0	-64.6	37.5	0.53	-1.21	0.97	-20.47	1.37	OK	0.106	0.605	1.65	OK
N21	2	J[3]	-34.1	-64.6	30.0	0.53	-0.85	0.61	-20.47	1.37	OK	0.085	0.425	1.57	OK
N21	3	I[3]	-34.1	-57.0	30.0	0.53	-0.84	0.62	-20.47	1.37	OK	0.085	0.418	1.57	OK
N21	3	J[4]	-21.0	-57.0	22.5	0.53	-0.56	0.34	-20.47	1.37	OK	0.064	0.278	1.51	OK
N21	4	I[4]	-21.0	-51.6	22.5	0.53	-0.55	0.35	-20.47	1.37	OK	0.064	0.273	1.50	OK
N21	4	J[5]	-11.7	-51.6	15.0	0.53	-0.35	0.15	-20.47	1.37	OK	0.042	0.173	1.46	OK
N21	5	I[5]	-11.7	-48.1	15.0	0.53	-0.34	0.16	-20.47	1.37	OK	0.042	0.170	1.46	OK
N21	5	J[6]	-6.1	-48.1	7.5	0.53	-0.22	0.04	-20.47	1.37	OK	0.021	0.110	1.43	OK
N21	6	I[6]	-6.1	-46.4	7.5	0.53	-0.22	0.04	-20.47	1.37	OK	0.021	0.108	1.43	OK
N21	6	J[7]	-4.2	-46.4	0.0	0.53	-0.18	0.00	-20.47	1.37	OK	0.000	0.089	1.42	OK
N21	7	I[7]	-4.2	-46.4	0.0	0.53	-0.18	0.00	-20.47	1.37	OK	0.000	0.089	1.42	OK
N21	7	J[8]	-6.1	-46.4	7.5	0.53	-0.22	0.04	-20.47	1.37	OK	0.021	0.109	1.43	OK
N21	8	I[8]	-6.1	-48.1	7.5	0.53	-0.22	0.04	-20.47	1.37	OK	0.021	0.111	1.43	OK
N21	8	J[9]	-11.7	-48.1	15.0	0.53	-0.34	0.16	-20.47	1.37	OK	0.043	0.171	1.46	OK
N21	9	I[9]	-11.7	-51.7	15.0	0.53	-0.35	0.15	-20.47	1.37	OK	0.043	0.174	1.46	OK
N21	9	J[10]	-21.1	-51.7	22.5	0.53	-0.55	0.35	-20.47	1.37	OK	0.064	0.274	1.50	OK
N21	10	I[10]	-21.1	-57.1	22.5	0.53	-0.56	0.34	-20.47	1.37	OK	0.064	0.280	1.51	OK
N21	10	J[11]	-34.3	-57.1	30.0	0.53	-0.84	0.62	-20.47	1.37	OK	0.085	0.420	1.57	OK
N21	11	I[11]	-34.3	-64.7	30.0	0.53	-0.85	0.61	-20.47	1.37	OK	0.085	0.427	1.57	OK
N21	11	J[12]	-51.2	-64.7	37.5	0.53	-1.22	0.97	-20.47	1.37	OK	0.106	0.608	1.65	OK
N21	12	I[12]	-51.2	-74.6	30.1	0.53	-1.23	0.95	-20.47	1.37	OK	0.085	0.617	1.65	OK
N21	12	J[13]	-39.4	-74.7	23.5	0.53	-0.98	0.70	-20.47	1.37	OK	0.067	0.491	1.60	OK
N21	13	I[14]	5.1	-228.0	63.7	0.48	-0.34	-0.81	-20.47	1.37	OK	0.198	0.475	1.59	OK
N21	13	J[13]	39.4	-223.8	67.3	0.48	0.54	-1.51	-20.47	1.37	OK	0.310	0.756	1.71	OK
N21	14	I[15]	-28.7	-222.6	63.6	0.48	-1.21	0.28	-20.47	1.37	OK	0.199	0.606	1.65	OK
N21	14	J[14]	5.1	-228.4	65.8	0.48	-0.34	-0.61	-20.47	1.37	OK	0.206	0.476	1.59	OK
N21	15	I[16]	-16.7	-224.3	20.5	0.50	-0.85	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.062	0.449	1.58	OK
N21	15	J[15]	-28.7	-232.1	22.0	0.50	-1.15	0.23	-20.47	1.37	OK	0.066	0.577	1.64	OK
N21	16	I[17]	-10.7	-218.5	10.6	0.40	-0.95	-0.14	-20.47	1.37	OK	0.040	0.546	1.62	OK
N21	16	J[16]	-16.7	-224.2	13.2	0.40	-1.19	0.07	-20.47	1.37	OK	0.050	0.594	1.64	OK
N21	17	I[18]	-11.2	-213.7	2.9	0.33	-1.26	-0.03	-20.47	1.37	OK	0.013	0.648	1.67	OK
N21	17	J[17]	-10.7	-218.5	0.9	0.33	-1.25	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.004	0.662	1.67	OK
N21	18	I[19]	-7.0	-208.9	5.6	0.28	-1.28	-0.21	-20.47	1.37	OK	0.030	0.746	1.71	OK
N21	18	J[18]	-11.2	-213.2	11.1	0.28	-1.62	0.10	-20.47	1.37	OK	0.059	0.809	1.73	OK
N21	19	I[20]	-8.3	-205.0	5.9	0.23	-1.83	0.05	-20.47	1.37	OK	0.039	0.916	1.77	OK
N21	19	J[19]	-7.0	-208.8	0.5	0.23	-1.70	-0.11	-20.47	1.37	OK	0.003	0.908	1.77	OK
N21	20	I[21]	-9.6	-201.5	6.8	0.23	-1.87	0.21	-20.47	1.37	OK	0.044	0.984	1.80	OK
N21	20	J[20]	-8.3	-205.3	1.3	0.23	-1.83	0.05	-20.47	1.37	OK	0.008	0.916	1.77	OK
N21	21	I[22]	-8.6	-197.8	2.9	0.23	-1.84	0.12	-20.47	1.37	OK	0.019	0.919	1.77	OK
N21	21	J[21]	-9.6	-201.5	6.7	0.23	-1.97	0.21	-20.47	1.37	OK	0.044	0.984	1.80	OK
N21	22	I[23]	-7.5	-193.9	3.4	0.23	-1.69	0.01	-20.47	1.37	OK	0.022	0.847	1.75	OK
N21	22	J[22]	-8.6	-197.5	7.7	0.23	-1.84	0.12	-20.47	1.37	OK	0.050	0.918	1.77	OK
N21	23	I[24]	-6.7	-190.2	4.7	0.23	-1.59	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.031	0.827	1.74	OK
N21	23	J[23]	-7.5	-193.7	7.8	0.23	-1.69	0.01	-20.47	1.37	OK	0.051	0.847	1.75	OK
N21	24	I[25]	-6.3	-186.8	6.3	0.23	-1.53	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.041	0.812	1.73	OK
N21	24	J[24]	-6.7	-190.0	7.6	0.23	-1.59	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.050	0.826	1.74	OK
N21	25	I[26]	-6.3	-183.7	7.6	0.23	-1.51	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.050	0.799	1.73	OK
N21	25	J[25]	-6.3	-186.7	7.6	0.23	-1.53	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.050	0.812	1.73	OK
N21	26	I[27]	-6.2	-181.0	8.3	0.23	-1.49	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.054	0.787	1.72	OK
N21	26	J[26]	-6.3	-183.7	8.3	0.23	-1.51	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.054	0.799	1.73	OK
N21	27	I[28]	-5.7	-178.5	7.9	0.23	-1.42	-0.13	-20.47	1.37	OK	0.052	0.776	1.72	OK
N21	27	J[27]	-6.2	-180.9	10.0	0.23	-1.49	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.065	0.786	1.72	OK
N21	28	I[29]	-4.0	-176.2	6.2	0.23	-1.22	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.041	0.766	1.71	OK
N21	28	J[28]	-5.7	-178.2	12.9	0.23	-1.42	-0.13	-20.47	1.37	OK	0.084	0.775	1.72	OK
N21	29	I[30]	-1.3	-174.1	4.9	0.23	-0.90	-0.61	-20.47	1.37	OK	0.032	0.757	1.71	OK
N21	29	J[29]	-4.0	-175.7	15.5	0.23	-1.21	-0.31	-20.47	1.37	OK	0.101	0.764	1.71	OK
N21	30	I[31]	1.6	-172.3	5.1	0.23	-0.57	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.033	0.749	1.71	OK
N21	30	J[30]	-1.3	-173.4	16.5	0.23	-0.90	-0.61	-20.47	1.37	OK	0.108	0.754	1.71	OK
N21	31	I[32]	4.0	-170.9	6.5	0.23	-0.28	-1.20	-20.47	1.37	OK	0.043	0.743	1.70	OK
N21	31	J[31]	1.6	-171.6	16.1	0.23	-0.56	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.105	0.746	1.71	OK
N21	32	I[33]	5.4	-170.2	9.2	0.23	-0.13	-1.35	-20.47	1.37	OK	0.060	0.740	1.70	OK
N21	32	J[32]	4.0	-170.4	14.5	0.23	-0.28	-1.20	-20.47	1.37	OK	0.095	0.741	1.70	OK
N21	33	I[34]	5.3	-170.2	12.0	0.23	-0.14	-1.34	-20.47	1.37	OK	0.078	0.740	1.70	OK
N21	33	J[33]	5.4	-170.0	11.8	0.23	-0.13	-1.35	-20.47	1.37	OK	0.077	0.739	1.70	OK
N21	34	I[35]	4.1	-171.1	13.7	0.23	-0.28	-1.21	-20.47	1.37	OK	0.089	0.744	1.70	OK
N21	34	J[34]	5.3	-170.4	9.0	0.23	-0.14	-1.34	-20.47	1.37	OK	0.059	0.741	1.70	OK
N21	35	I[36]	2.4	-172.6	14.1	0.23	-0.48	-1.02	-20.47	1.37	OK	0.092	0.751	1.71	OK
N21	35	J[35]	4.1	-171.5	7.5	0.23	-0.28	-1.21	-20.47	1.37	OK	0.049	0.746	1.71	OK
N21	36	I[37]	-4.2	-175.0	15.7	0.23	-1.24	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.103	0.761	1.71	OK
N21	36	J[36]	-1.4	-173.5	4.7	0.23	-0.91	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.030	0.754	1.71	OK
N21	37	I[38]	-6.1	-177.6	13.3	0.23	-1.46	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.087	0.772	1.72	OK
N21	37	J[37]	-4.2	-175.6	5.9	0.23	-1.24	-0.29	-20.47	1.37	OK	0.038	0.764	1.71	OK
N21	38	I[39]	-6.7	-180.3	10.1	0.23	-1.54	-0.03	-20.47	1.37	OK	0.066	0.784	1.72	OK
N21	38	J[38]	-6.1	-177.9	7.9	0.23	-1.46	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.051	0.774	1.72	OK
N21	39	I[40]	-6.6	-183.1	8.2	0.23	-1.55	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.054	0.796	1.73	OK
N21	39	J[39]	-6.7	-180.4	8.4	0.23	-1.54	-0.03	-20.47	1.37	OK	0.055	0.784	1.72	OK
N21	40	I[41]	-6.6	-186.1	7.5	0.23	-1.56	-0.06	-20.47	1.37	OK	0.049	0.809	1.73	OK
N21	40	J[40]	-6.6	-183.1	7.8	0.									

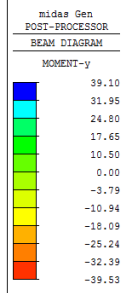
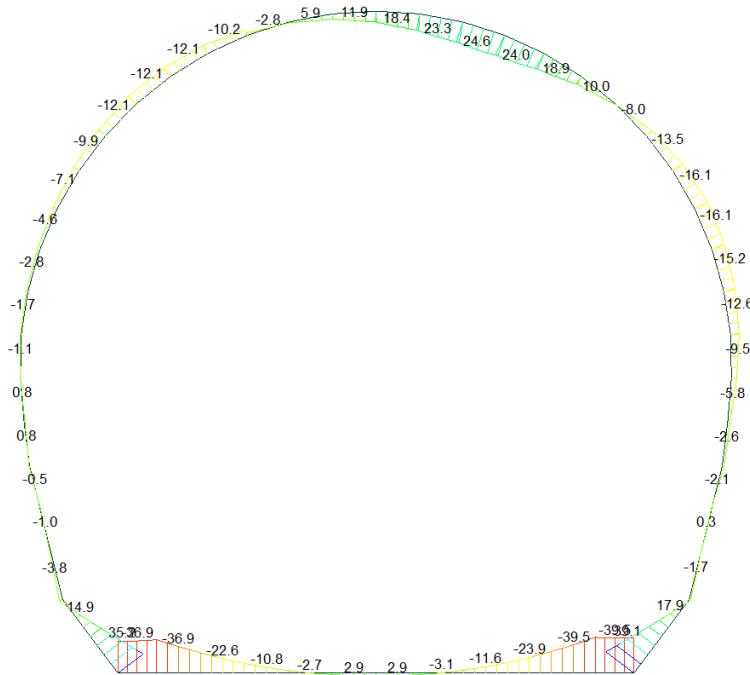
A.5.4.13. Load combination SLU 22 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



ST: N22  
 MAX : 7  
 MIN : 13  
 FILE: GL\_T1-I3  
 UNIT: kN  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000

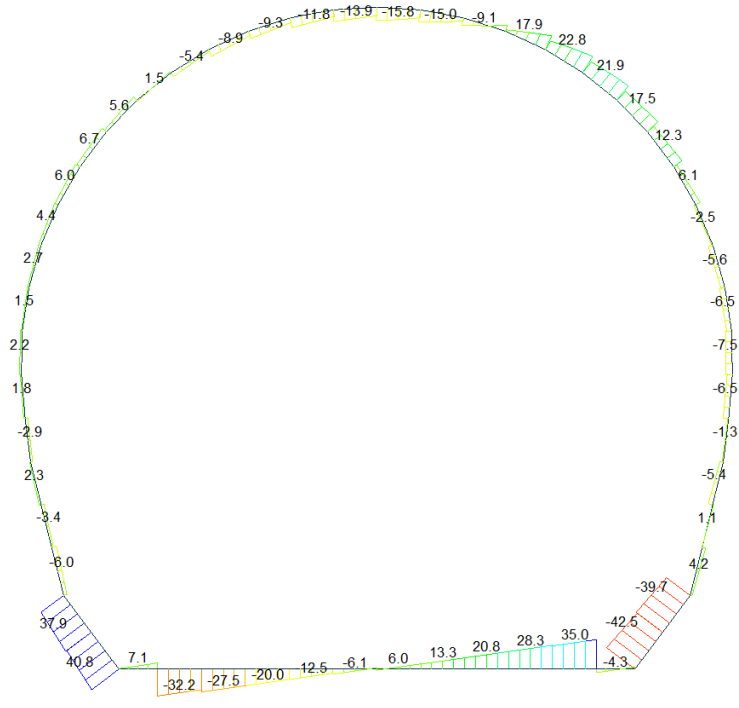
Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N22



ST: N22  
 MAX : 13  
 MIN : 11  
 FILE: GL\_T1-I3  
 UNIT: kNm  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000



Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N22



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

40.78
33.22
25.65
18.08
10.51
0.00
-4.63
-12.19
-19.76
-27.33
-34.90
-42.47

ST: N22  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





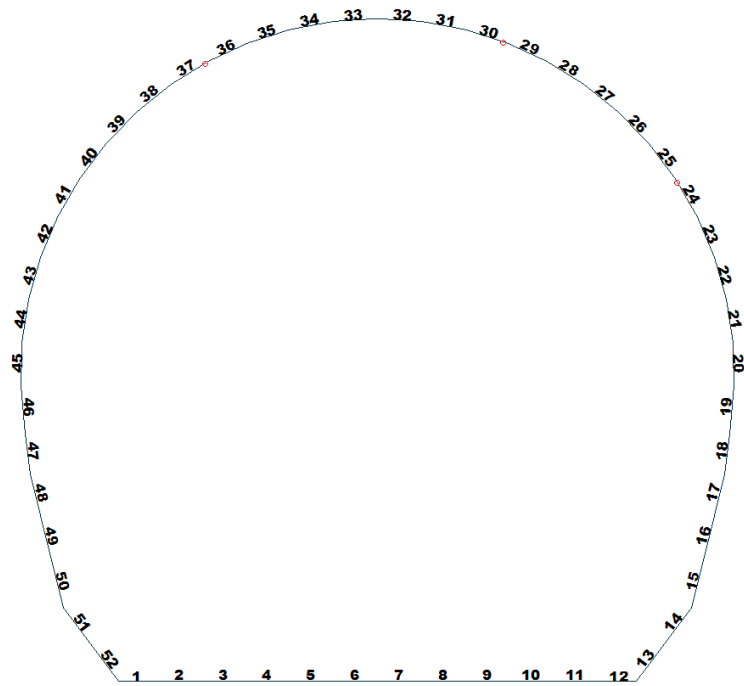


Figure 21 Beam end release

Table 8 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
24	Value	0	0	0	0	6300	0	0	0	0	0	0	0
30	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20500	0
37	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19900	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 30 j

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000159	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	6'300	[kN*m/rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	8.520	[kN*m]	e	0.1399	[m]
$N_{nodo}$	60.900	[kN]	a	0.03	[m]
$V_{nodo}$	6.300	[kN]	$\Psi_{pöttler}$	0.0013170	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0001546	[rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	6'469	[kN*m/rad]

1.317045

ITERAZIONE IN NODO 24 i

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000049	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	20'500	[kN*m/rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	10.700	[kN*m]	e	0.1332	[m]
$N_{nodo}$	80.360	[kN]	a	0.05	[m]
$V_{nodo}$	5.320	[kN]	$\Psi_{pöttler}$	0.0005494	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000513	[rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	19'475	[kN*m/rad]

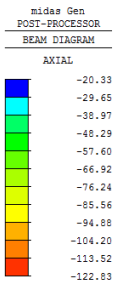
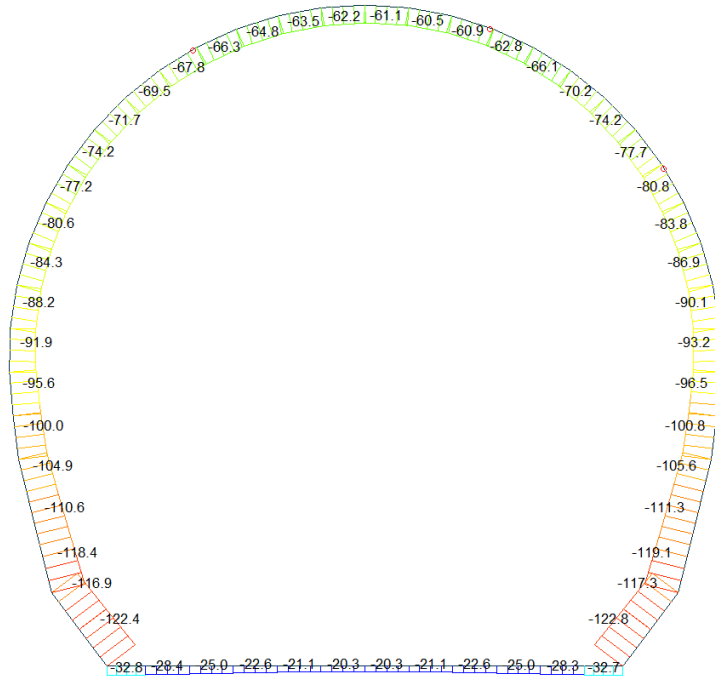
0.549431

ITERAZIONE IN NODO 37 j

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000050	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	19'900	[kN*m/rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	8.730	[kN*m]	e	0.1326	[m]
$N_{nodo}$	65.850	[kN]	a	0.05	[m]
$V_{nodo}$	6.750	[kN]	$\Psi_{pöttler}$	0.0004158	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000476	[rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	20'997	[kN*m/rad]

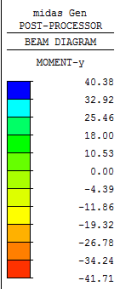
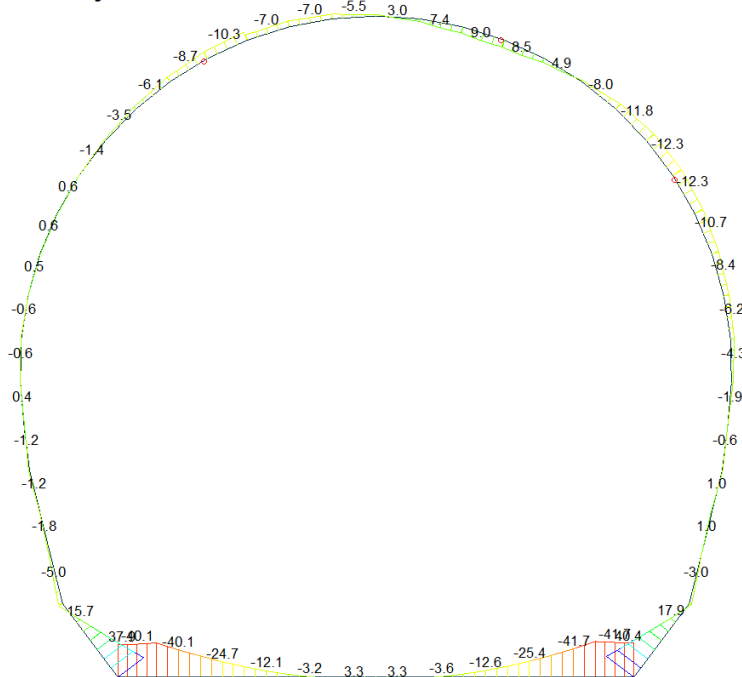
0.415771

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



ST: N22  
MAX : 7  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-I3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N22



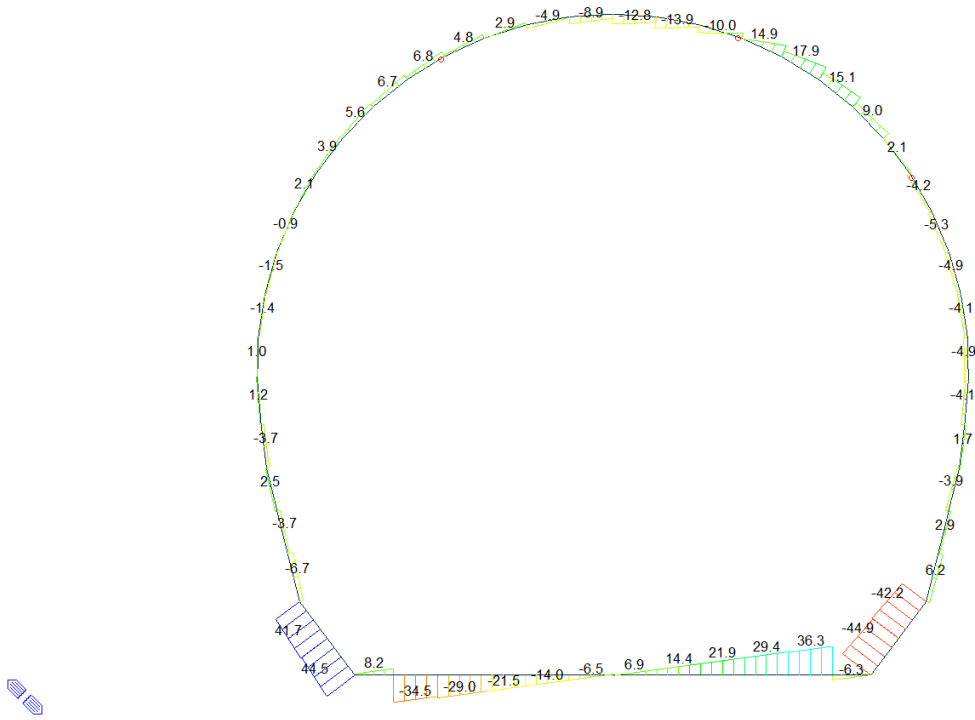
ST: N22  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-I3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N22

midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEM DIAGRAM  
SHEAR-z

44.51  
36.38  
28.25  
20.12  
11.99  
0.00  
-4.27  
-12.40  
-20.53  
-28.66  
-36.79  
-44.92

ST: N22  
MAX: 52  
MIN: 13  
FILE: GL\_T1-13  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_a$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_a$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_g$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 30 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN-m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
N22	30 j	Calotta	8.5	60.9	6.3	26'400'000	0.140	0.30	OK	4.02	20.47	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Phi_{Postler}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Postler}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postler}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{ep}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{ep,max} \leq F_{ctvd}$
N22	30 j	0.030	1.3170454	6'300	6'469	OK	0.355	OK	1.37	0.31	9.52	2.72	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 24 i

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN-m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
N22	24 i	Volta Dx	10.7	80.4	5.3	26'400'000	0.133	0.30	OK	3.18	20.47	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Phi_{Postler}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Postler}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postler}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{ep}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{ep,max} \leq F_{ctvd}$
N22	24 i	0.051	0.5494308	20'500	19'475	OK	0.137	OK	1.37	0.16	9.52	2.50	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 37 j

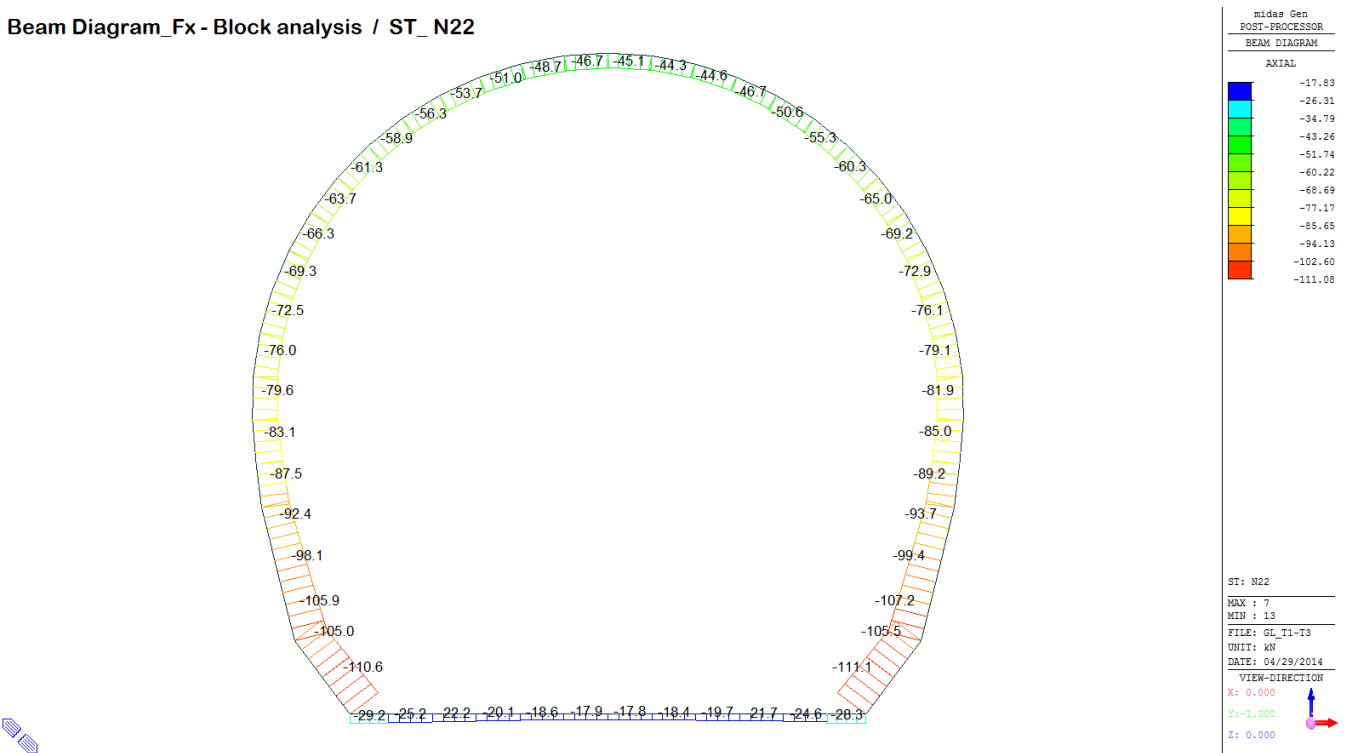
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN-m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
N22	37 j	Volta Sx	8.7	65.9	6.8	26'400'000	0.133	0.30	OK	2.52	20.47	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Phi_{Postler}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Postler}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postler}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{ep}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{ep,max} \leq F_{ctvd}$
N22	37 j	0.052	0.4157712	19'900	20'997	OK	0.103	OK	1.37	0.19	9.52	2.31	OK
Iterazione ok													

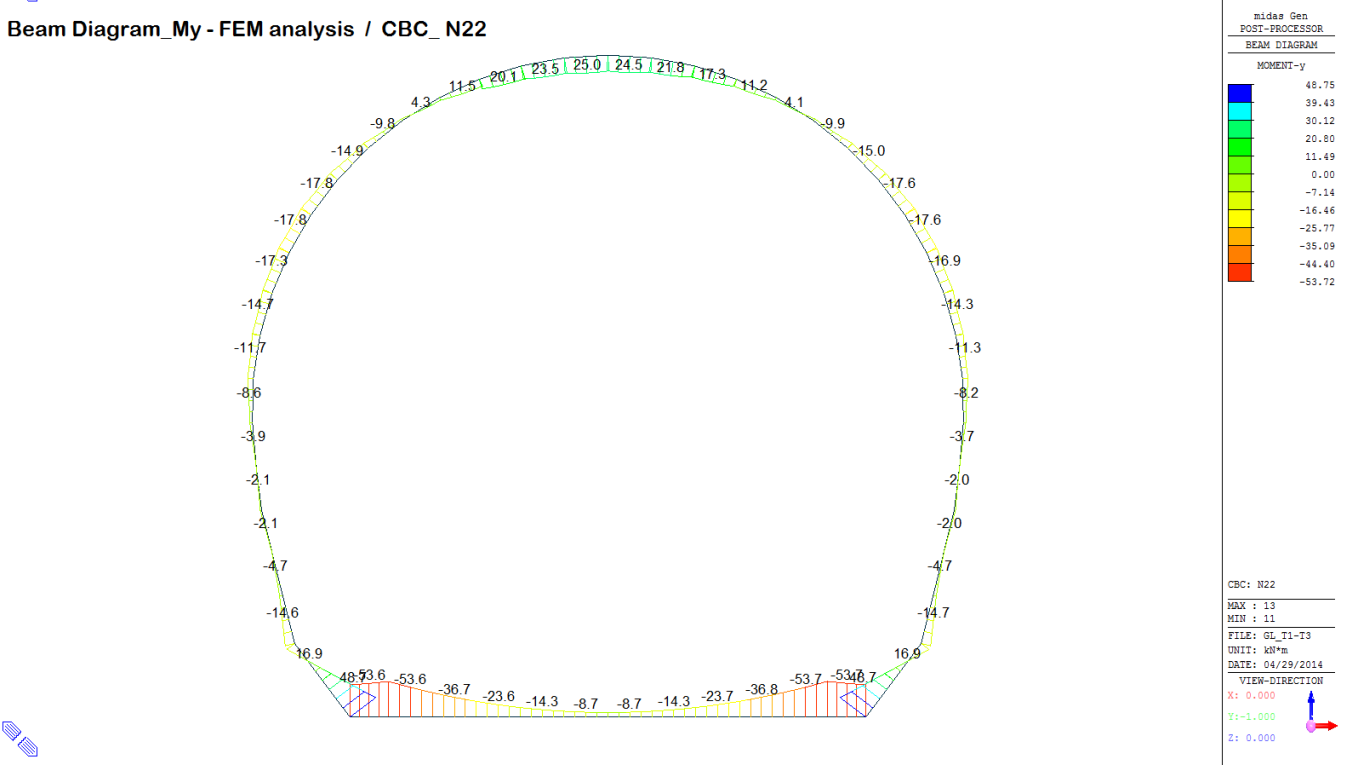


A.5.4.14. Load combination SLU 22 FEM analysis

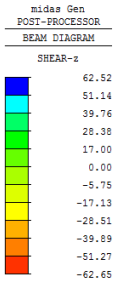
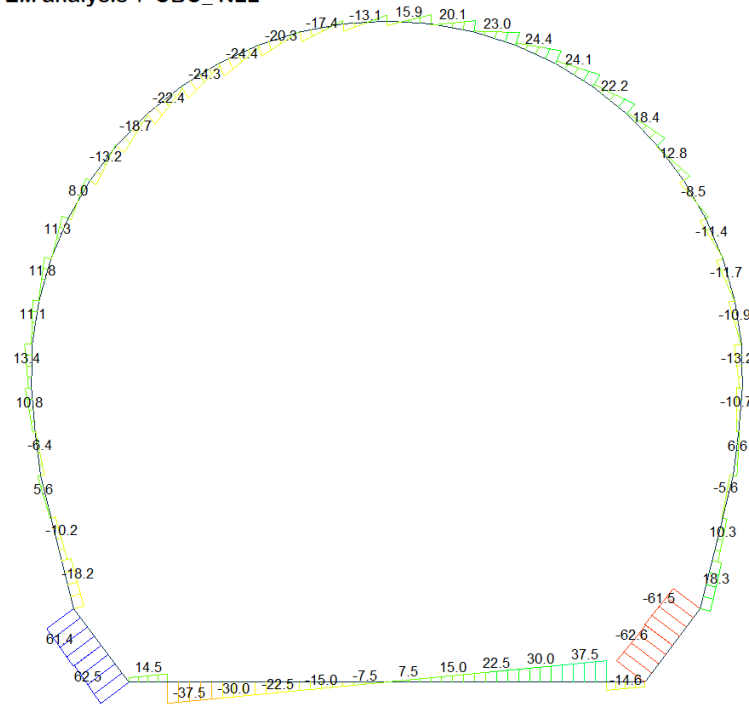
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



Beam Diagram\_My - FEM analysis / CBC\_N22



Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / CBC\_N22



CBC: N22  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000







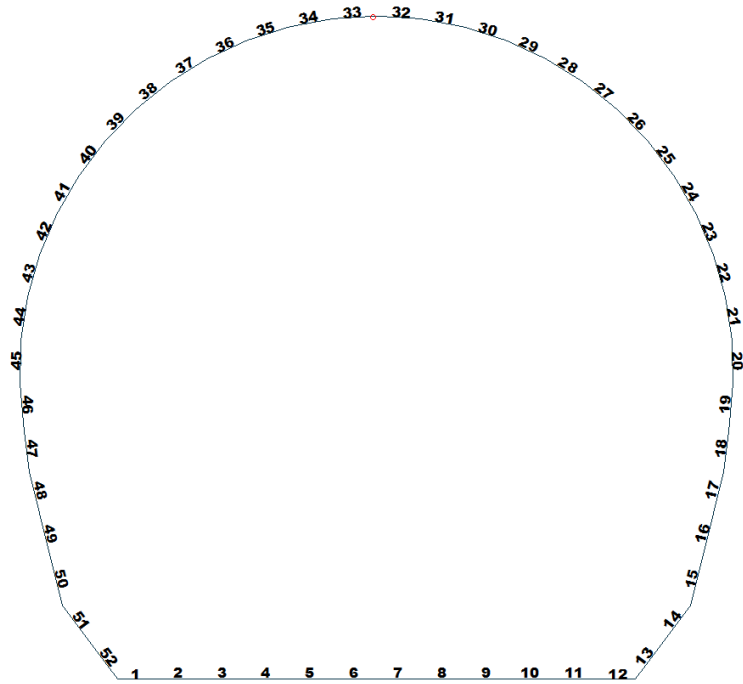


Figure 22 Beam end release

Table 9 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyj	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
33	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90000	0

**ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER**

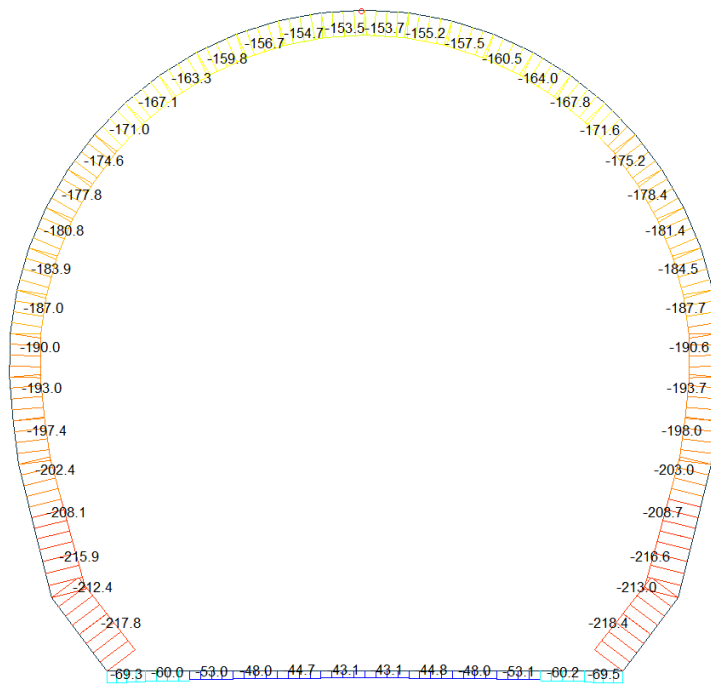
**CALCOLO CERNIERE PLASTICHE**

**ITERAZIONE IN NODO 33 j**

MIDAS			PÖTTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000011	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	90'000	[kN*m/rad]	d	0.30	[m]
$M_{nodo}$	18.140	[kN*m]	e	0.1183	[m]
$N_{nodo}$	153.310	[kN]	a	0.10	[m]
$V_{nodo}$	10.820	[kN]	$\Psi_{pöttler}$	0.0002010	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000111	[rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	90'250	[kN*m/rad]

0.200998
----------

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N22



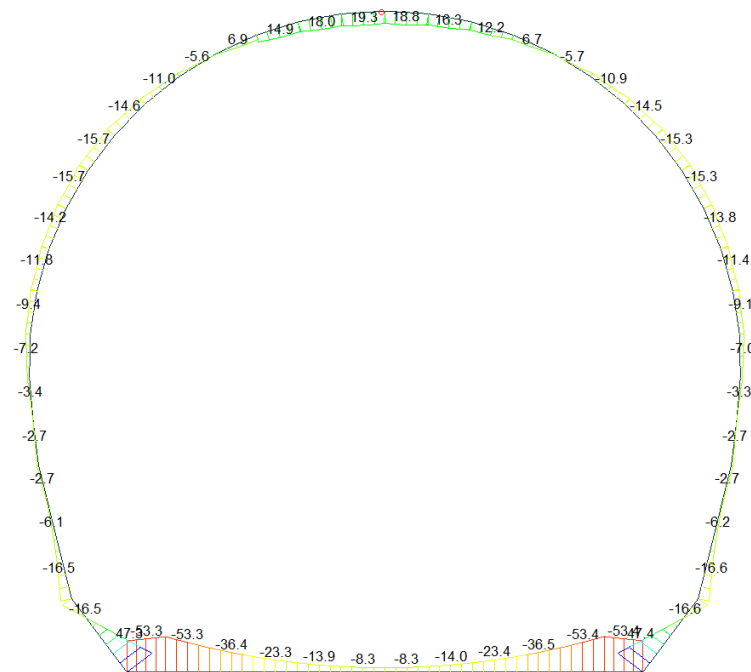
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-43.12
Cyan	-59.05
Green	-74.99
Light Green	-90.92
Yellow-Green	-106.86
Yellow	-122.79
Orange-Yellow	-138.73
Orange	-154.66
Red-Orange	-170.60
Red	-186.54
Dark Red	-202.47
Black	-218.41

ST: N22  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3-I-  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N22



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	47.41
Cyan	38.24
Green	29.08
Light Green	19.92
Yellow-Green	10.75
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-7.57
Orange	-16.73
Red-Orange	-25.90
Red	-35.06
Dark Red	-44.22
Black	-53.39

ST: N22  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GL\_T1-T3-I-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

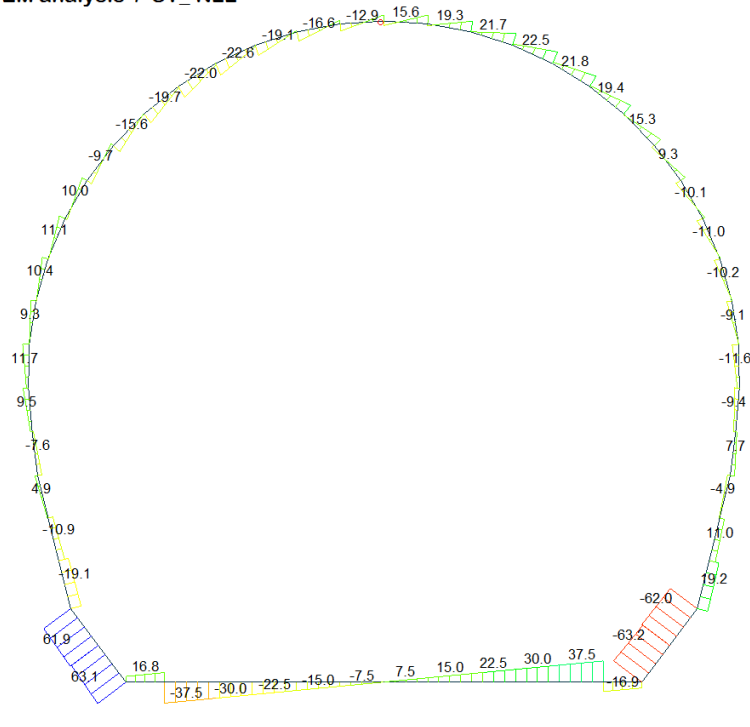
Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N22

midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

63.05  
51.57  
40.09  
28.62  
17.14  
0.00  
-5.82  
-17.30  
-28.78  
-40.26  
-51.74  
-63.22

ST: N22  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3-I-  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ct,90}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\phi$	0.80
$f_{ct,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ct,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

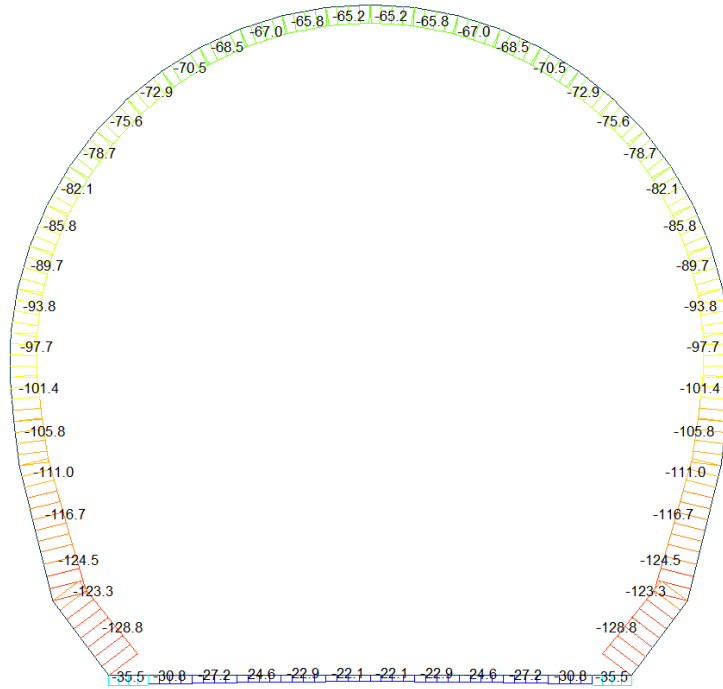
VERIFICA SEZIONE NODO 33 J

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_s \leq f_{cp, 90\%}$	
N22	33 j	Calotta	18.1	153.3	10.8	26'400'000	0.118	0.30	OK	3.23	20.47	OK	
Combinazione di carico	Nodo n°	$a$ [m]	$\psi_{Postler}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Postler}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Postler}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ct, 90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp, max} \leq F_{cvd}$
N22	33 j	0.095	0.2009977	90'000	90'250	OK	0.041	OK	1.37	0.17	9.52	2.51	OK
Iterazione ok													



A.5.4.15. Load combination SLE 1

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 1



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

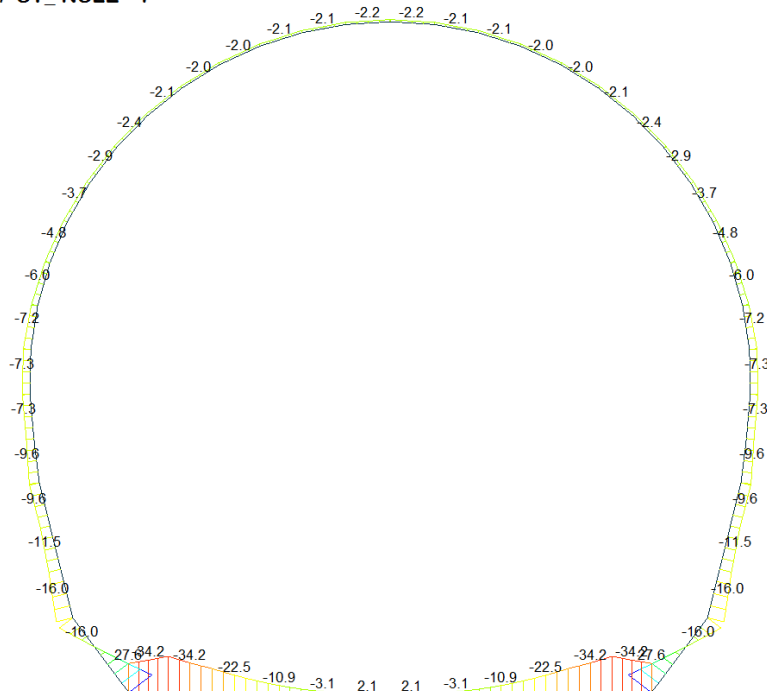
AXIAL

Blue	-22.09
Cyan	-31.79
Green	-41.50
Light Green	-51.20
Yellow-Green	-60.91
Yellow	-70.62
Orange-Yellow	-80.32
Orange	-90.03
Red-Orange	-99.73
Red	-109.44
Dark Red	-119.14
Dark Red	-128.85

ST: NSLE - 1  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 1



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	27.61
Cyan	21.99
Green	16.37
Light Green	10.74
Yellow-Green	5.12
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-6.13
Orange	-11.75
Red-Orange	-17.38
Red	-23.00
Dark Red	-28.63
Dark Red	-34.25

ST: NSLE - 1  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN\*m  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

**VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI**

**CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO**

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\varphi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

**VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE**

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 1	1	I[1]	-34.3	-49.9	17.5	0.60	-0.65	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	1	J[2]	-43.4	-49.9	24.1	0.60	-0.81	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	2	I[2]	-43.4	-43.3	34.2	0.60	-0.80	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	2	J[3]	-28.2	-43.3	26.7	0.60	-0.54	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	3	I[3]	-28.2	-38.2	30.0	0.60	-0.53	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	3	J[4]	-15.1	-38.2	22.5	0.60	-0.32	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	4	I[4]	-15.1	-34.6	22.5	0.60	-0.31	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	4	J[5]	-5.7	-34.6	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	5	I[5]	-5.7	-32.2	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	5	J[6]	-0.1	-32.2	7.5	0.60	-0.06	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	6	I[6]	-0.1	-31.0	7.5	0.60	-0.05	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	6	J[7]	1.8	-31.0	0.0	0.60	-0.02	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	7	I[7]	1.8	-31.0	0.0	0.60	-0.02	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	7	J[8]	-0.1	-31.0	7.5	0.60	-0.05	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	8	I[8]	-0.1	-32.2	7.5	0.60	-0.06	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	8	J[9]	-5.7	-32.2	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	9	I[9]	-5.7	-34.6	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	9	J[10]	-15.1	-34.6	22.5	0.60	-0.31	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	10	I[10]	-15.1	-38.2	22.5	0.60	-0.32	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	10	J[11]	-28.2	-38.2	30.0	0.60	-0.53	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	11	I[11]	-28.2	-43.3	26.7	0.60	-0.54	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	11	J[12]	-43.4	-43.3	34.2	0.60	-0.80	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	12	I[12]	-43.4	-49.9	24.1	0.60	-0.81	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	12	J[13]	-34.3	-49.9	17.5	0.60	-0.65	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	13	I[14]	4.9	-168.0	53.8	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	13	J[13]	34.3	-173.7	58.1	0.55	0.36	-1.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	14	I[15]	-23.0	-162.5	51.2	0.55	-0.75	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	14	J[14]	4.9	-168.3	55.5	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	15	I[16]	-16.2	-163.7	13.0	0.57	-0.59	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	15	J[15]	-23.0	-171.5	11.1	0.57	-0.73	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	16	I[17]	-12.9	-158.0	7.4	0.47	-0.69	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	16	J[16]	-16.2	-163.7	6.0	0.47	-0.79	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	17	I[18]	-13.6	-153.1	0.8	0.40	-0.89	0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	17	J[17]	-12.9	-158.0	2.0	0.40	-0.88	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	18	I[19]	-10.4	-148.5	6.7	0.35	-0.93	0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	18	J[18]	-13.6	-152.8	6.1	0.35	-1.10	0.23	-30.71	2.06	OK

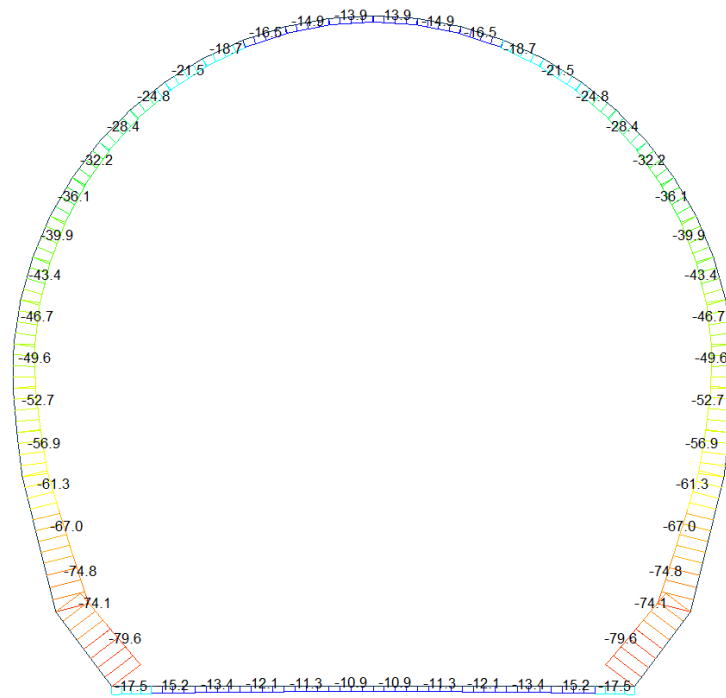
NSLE - 1	19	I[20]	-10.8	-144.6	0.7	0.30	-1.20	0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	19	J[19]	-10.4	-148.4	1.0	0.30	-1.19	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	20	I[21]	-11.0	-140.9	0.4	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	20	J[20]	-10.8	-144.7	0.3	0.30	-1.20	0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	21	I[22]	-9.4	-137.0	2.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	21	J[21]	-11.0	-140.7	3.5	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	22	I[23]	-7.7	-133.0	2.9	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	22	J[22]	-9.4	-136.6	3.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	23	I[24]	-6.2	-129.2	2.2	0.30	-0.87	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	23	J[23]	-7.7	-132.6	3.7	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	24	I[25]	-5.1	-125.6	1.3	0.30	-0.85	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	24	J[24]	-6.2	-128.8	3.2	0.30	-0.87	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	25	I[26]	-4.3	-122.3	0.4	0.30	-0.72	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	25	J[25]	-5.1	-125.3	2.6	0.30	-0.85	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	26	I[27]	-3.9	-119.5	0.4	0.30	-0.66	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	26	J[26]	-4.3	-122.2	2.2	0.30	-0.72	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	27	I[28]	-3.7	-117.0	1.1	0.30	-0.64	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	27	J[27]	-3.9	-119.4	1.9	0.30	-0.66	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	28	I[29]	-3.7	-115.0	1.5	0.30	-0.63	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	28	J[28]	-3.7	-117.0	1.7	0.30	-0.64	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	29	I[30]	-3.7	-113.5	1.8	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	29	J[29]	-3.7	-115.0	1.6	0.30	-0.63	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	30	I[31]	-3.8	-112.3	1.9	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	30	J[30]	-3.7	-113.5	1.7	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	31	I[32]	-3.8	-111.7	2.0	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	31	J[31]	-3.8	-112.3	1.7	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	32	I[33]	-3.8	-111.4	1.9	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	32	J[32]	-3.8	-111.7	1.8	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	33	I[34]	-3.8	-111.7	1.8	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	33	J[33]	-3.8	-111.4	1.9	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	34	I[35]	-3.8	-112.3	1.7	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	34	J[34]	-3.8	-111.7	2.0	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	35	I[36]	-3.7	-113.5	1.7	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	35	J[35]	-3.8	-112.3	1.9	0.30	-0.63	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	36	I[37]	-3.7	-115.0	1.6	0.30	-0.63	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	36	J[36]	-3.7	-113.5	1.8	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	37	I[38]	-3.7	-117.0	1.7	0.30	-0.64	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	37	J[37]	-3.7	-115.0	1.5	0.30	-0.63	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	38	I[39]	-3.9	-119.4	1.9	0.30	-0.66	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	38	J[38]	-3.7	-117.0	1.1	0.30	-0.64	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	39	I[40]	-4.3	-122.2	2.2	0.30	-0.70	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	39	J[39]	-3.9	-119.5	0.4	0.30	-0.66	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	40	I[41]	-5.1	-125.3	2.6	0.30	-0.76	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	40	J[40]	-4.3	-122.3	0.4	0.30	-0.70	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	41	I[42]	-6.2	-128.8	3.2	0.30	-0.84	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	41	J[41]	-5.1	-125.6	1.3	0.30	-0.76	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	42	I[43]	-7.7	-132.6	3.7	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	42	J[42]	-6.2	-129.2	2.2	0.30	-0.84	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	43	I[44]	-9.4	-136.6	3.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	43	J[43]	-7.7	-133.0	2.9	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	44	I[45]	-11.0	-140.7	3.5	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	44	J[44]	-9.4	-137.0	2.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	45	I[46]	-10.8	-144.7	0.3	0.30	-1.20	0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	45	J[45]	-11.0	-140.9	0.4	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	46	I[47]	-10.4	-148.4	1.0	0.30	-1.19	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	46	J[46]	-10.8	-144.6	0.7	0.30	-1.20	0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	47	I[48]	-13.6	-152.8	6.1	0.35	-1.10	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	47	J[47]	-10.4	-148.5	6.7	0.35	-0.93	0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	48	I[49]	-12.9	-158.0	2.0	0.40	-0.88	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	48	J[48]	-13.6	-153.1	0.8	0.40	-0.89	0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	49	I[50]	-16.2	-163.7	6.0	0.47	-0.79	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	49	J[49]	-12.9	-158.0	7.4	0.47	-0.69	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	50	I[51]	-23.0	-171.5	11.1	0.57	-0.73	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	50	J[50]	-16.2	-163.7	13.0	0.57	-0.59	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	51	I[52]	4.9	-168.3	55.5	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	51	J[51]	-23.0	-162.5	51.2	0.55	-0.75	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	52	I[1]	34.3	-173.7	58.1	0.55	0.36	-1.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	52	J[52]	4.9	-168.0	53.8	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, \max}$	-1.20
$\sigma_{t, \max}$	0.65



A.5.4.16. Load combination SLE 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 2



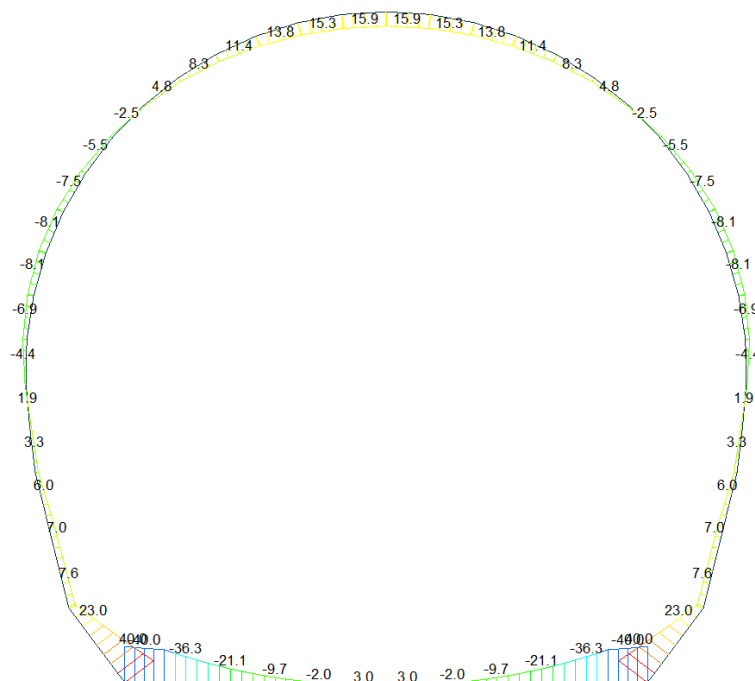
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

-10.88
-17.13
-23.38
-29.63
-35.88
-42.13
-48.38
-54.63
-60.88
-67.13
-73.38
-79.64

ST: NSLE - 2  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

39.95
32.69
25.42
18.16
10.90
3.63
0.00
-10.90
-18.16
-25.42
-32.69
-39.95

ST: NSLE - 2  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\phi$	0.80
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

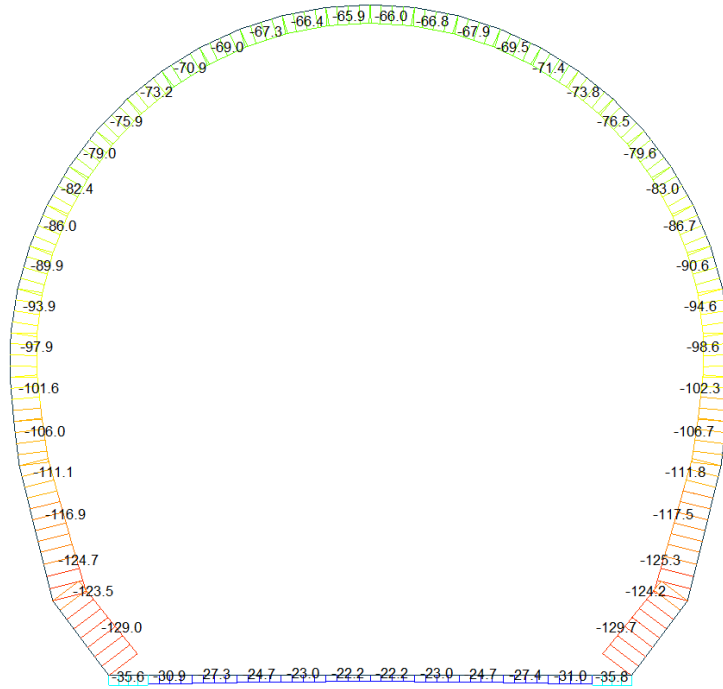
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 2	1	I[1]	-49.3	-15.1	19.0	0.60	-0.85	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	1	J[2]	-42.4	-15.0	12.4	0.60	-0.73	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	2	I[2]	-42.4	-13.0	37.9	0.60	-0.73	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	2	J[3]	-25.3	-13.0	30.4	0.60	-0.44	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	3	I[3]	-25.3	-11.5	30.4	0.60	-0.44	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	3	J[4]	-12.0	-11.5	22.9	0.60	-0.22	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	4	I[4]	-12.0	-10.4	22.9	0.60	-0.22	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	4	J[5]	-2.4	-10.4	15.4	0.60	-0.06	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	5	I[5]	-2.4	-9.7	15.4	0.60	-0.06	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	5	J[6]	3.4	-9.7	7.9	0.60	0.04	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	6	I[6]	3.4	-9.3	6.5	0.60	0.04	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	6	J[7]	4.7	-9.3	1.0	0.60	0.06	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	7	I[7]	4.7	-9.3	1.0	0.60	0.06	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	7	J[8]	3.4	-9.3	6.5	0.60	0.04	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	8	I[8]	3.4	-9.7	7.9	0.60	0.04	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	8	J[9]	-2.4	-9.7	15.4	0.60	-0.06	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	9	I[9]	-2.4	-10.4	15.4	0.60	-0.06	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	9	J[10]	-12.0	-10.4	22.9	0.60	-0.22	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	10	I[10]	-12.0	-11.5	22.9	0.60	-0.22	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	10	J[11]	-25.3	-11.5	30.4	0.60	-0.44	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	11	I[11]	-25.3	-13.0	30.4	0.60	-0.44	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	11	J[12]	-42.4	-13.0	37.9	0.60	-0.73	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	12	I[12]	-42.4	-15.0	12.4	0.60	-0.73	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	12	J[13]	-49.3	-15.1	19.0	0.60	-0.85	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	13	I[14]	31.4	-71.4	31.9	0.55	0.49	-0.75	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	13	J[13]	49.3	-77.2	36.3	0.55	0.84	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	14	I[15]	14.9	-65.8	29.4	0.55	0.17	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	14	J[14]	31.4	-71.6	33.7	0.55	0.49	-0.75	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	15	I[16]	12.5	-65.7	3.2	0.57	0.12	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	15	J[15]	14.9	-73.5	5.2	0.57	0.15	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	16	I[17]	9.9	-60.0	4.5	0.47	0.14	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	16	J[16]	12.5	-65.7	5.9	0.47	0.20	-0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	17	I[18]	5.7	-55.1	7.8	0.40	0.08	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	17	J[17]	9.9	-60.0	9.0	0.40	0.22	-0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	18	I[19]	2.7	-51.6	5.7	0.35	-0.02	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	18	J[18]	5.7	-56.0	6.3	0.35	0.12	-0.44	-30.71	2.06	OK

NSLE - 2	19	I[20]	-1.7	-48.2	8.7	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	19	J[19]	2.7	-51.9	9.0	0.30	0.01	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	20	I[21]	-6.0	-45.3	8.6	0.30	-0.55	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	20	J[20]	-1.7	-49.1	8.6	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	21	I[22]	-8.5	-42.5	5.2	0.30	-0.71	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	21	J[21]	-6.0	-46.2	4.6	0.30	-0.55	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	22	I[23]	-8.7	-39.3	1.0	0.30	-0.71	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	22	J[22]	-8.5	-42.9	0.1	0.30	-0.71	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	23	I[24]	-7.1	-35.6	2.4	0.30	-0.62	0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	23	J[23]	-8.7	-39.1	3.9	0.30	-0.71	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	24	I[25]	-4.2	-31.8	4.9	0.30	-0.48	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	24	J[24]	-7.1	-35.1	6.7	0.30	-0.62	0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	25	I[26]	-0.4	-28.0	6.5	0.30	-0.15	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	25	J[25]	-4.2	-31.0	8.7	0.30	-0.48	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	26	I[27]	3.8	-24.3	7.3	0.30	0.18	-0.34	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	26	J[26]	-0.4	-27.0	9.9	0.30	-0.14	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	27	I[28]	8.2	-20.9	7.3	0.30	0.48	-0.62	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	27	J[27]	3.8	-23.2	10.2	0.30	0.18	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	28	I[29]	12.3	-17.8	6.6	0.30	0.76	-0.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	28	J[28]	8.2	-19.8	9.8	0.30	0.48	-0.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	29	I[30]	15.8	-15.3	5.3	0.30	1.00	-1.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	29	J[29]	12.3	-16.9	8.7	0.30	0.76	-0.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	30	I[31]	18.5	-13.4	3.6	0.30	1.19	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	30	J[30]	15.8	-14.6	7.2	0.30	1.01	-1.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	31	I[32]	20.2	-12.2	1.5	0.30	1.30	-1.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	31	J[31]	18.5	-12.9	5.2	0.30	1.19	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	32	I[33]	20.8	-11.7	0.7	0.30	1.35	-1.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	32	J[32]	20.2	-11.9	3.0	0.30	1.31	-1.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	33	I[34]	20.2	-11.9	3.0	0.30	1.31	-1.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	33	J[33]	20.8	-11.7	0.7	0.30	1.35	-1.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	34	I[35]	18.5	-12.9	5.2	0.30	1.19	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	34	J[34]	20.2	-12.2	1.5	0.30	1.30	-1.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	35	I[36]	15.8	-14.6	7.2	0.30	1.01	-1.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	35	J[35]	18.5	-13.4	3.6	0.30	1.19	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	36	I[37]	12.3	-16.9	8.7	0.30	0.76	-0.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	36	J[36]	15.8	-15.3	5.3	0.30	1.00	-1.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	37	I[38]	8.2	-19.8	9.8	0.30	0.48	-0.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	37	J[37]	12.3	-17.8	6.6	0.30	0.76	-0.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	38	I[39]	3.8	-23.2	10.2	0.30	0.18	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	38	J[38]	8.2	-20.9	7.3	0.30	0.48	-0.62	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	39	I[40]	-0.4	-27.0	9.9	0.30	-0.12	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	39	J[39]	3.8	-24.3	7.3	0.30	0.18	-0.34	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	40	I[41]	-4.2	-31.0	8.7	0.30	-0.39	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	40	J[40]	-0.4	-28.0	6.5	0.30	-0.12	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	41	I[42]	-7.1	-35.1	6.7	0.30	-0.59	0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	41	J[41]	-4.2	-31.8	4.9	0.30	-0.39	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	42	I[43]	-8.7	-39.1	3.9	0.30	-0.71	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	42	J[42]	-7.1	-35.6	2.4	0.30	-0.59	0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	43	I[44]	-8.5	-42.9	0.1	0.30	-0.71	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	43	J[43]	-8.7	-39.3	1.0	0.30	-0.71	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	44	I[45]	-6.0	-46.2	4.6	0.30	-0.55	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	44	J[44]	-8.5	-42.5	5.2	0.30	-0.71	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	45	I[46]	-1.7	-49.1	8.6	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	45	J[45]	-6.0	-45.3	8.6	0.30	-0.55	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	46	I[47]	2.7	-51.9	9.0	0.30	0.01	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	46	J[46]	-1.7	-48.2	8.7	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	47	I[48]	5.7	-56.0	6.3	0.35	0.12	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	47	J[47]	2.7	-51.6	5.7	0.35	-0.02	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	48	I[49]	9.9	-60.0	9.0	0.40	0.22	-0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	48	J[48]	5.7	-55.1	7.8	0.40	0.08	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	49	I[50]	12.5	-65.7	5.9	0.47	0.20	-0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	49	J[49]	9.9	-60.0	4.5	0.47	0.14	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	50	I[51]	14.9	-73.5	5.2	0.57	0.15	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	50	J[50]	12.5	-65.7	3.2	0.57	0.12	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	51	I[52]	31.4	-71.6	33.7	0.55	0.49	-0.75	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	51	J[51]	14.9	-65.8	29.4	0.55	0.17	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	52	I[1]	49.3	-77.2	36.3	0.55	0.84	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	52	J[52]	31.4	-71.4	31.9	0.55	0.49	-0.75	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, \max}$	-1.42
$\sigma_{t, \max}$	1.35

A.5.4.17. Load combination SLE 3

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 3



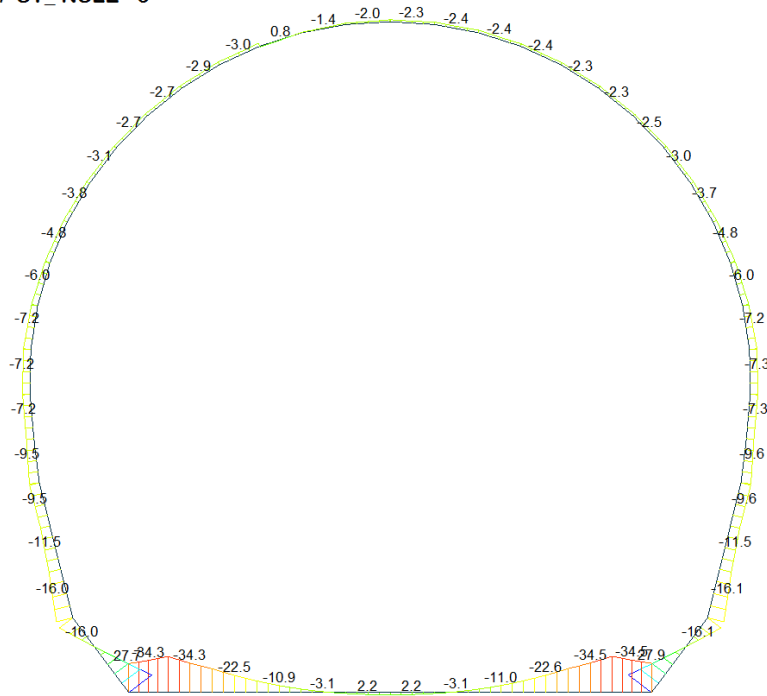
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: NSLE - 3  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 3



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: NSLE - 3  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN\*m  
DATE: 03/25/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

**VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI**

**CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO**

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\varphi$	0.80
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

**VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE**

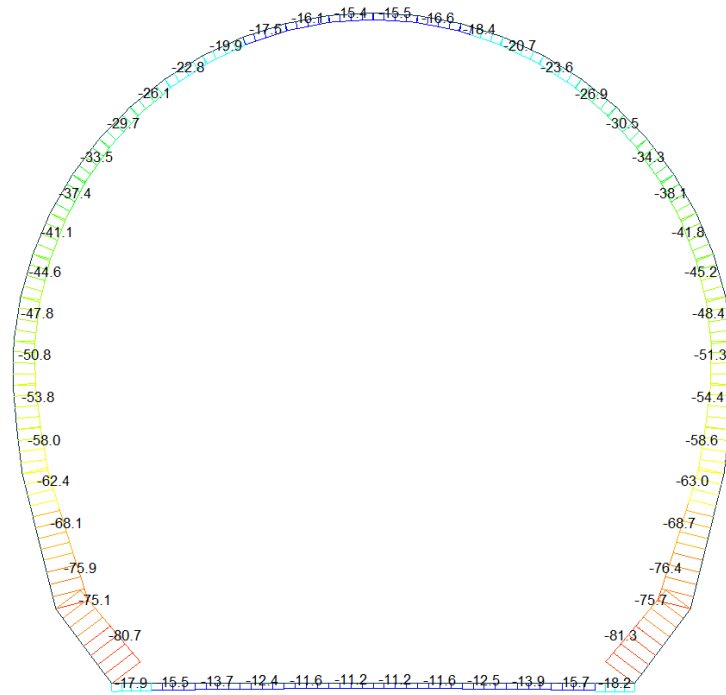
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 3	1	I[1]	-34.3	-50.0	17.5	0.60	-0.66	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	1	J[2]	-43.5	-50.0	24.1	0.60	-0.81	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	2	I[2]	-43.5	-43.4	34.3	0.60	-0.80	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	2	J[3]	-28.2	-43.4	26.8	0.60	-0.54	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	3	I[3]	-28.2	-38.3	30.0	0.60	-0.53	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	3	J[4]	-15.1	-38.3	22.5	0.60	-0.32	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	4	I[4]	-15.1	-34.6	22.5	0.60	-0.31	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	4	J[5]	-5.7	-34.6	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	5	I[5]	-5.7	-32.3	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	5	J[6]	-0.1	-32.3	7.5	0.60	-0.06	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	6	I[6]	-0.1	-31.1	7.5	0.60	-0.05	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	6	J[7]	1.7	-31.1	0.0	0.60	-0.02	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	7	I[7]	1.7	-31.2	0.0	0.60	-0.02	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	7	J[8]	-0.2	-31.2	7.5	0.60	-0.05	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	8	I[8]	-0.2	-32.3	7.5	0.60	-0.06	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	8	J[9]	-5.8	-32.3	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	9	I[9]	-5.8	-34.7	15.0	0.60	-0.15	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	9	J[10]	-15.2	-34.7	22.5	0.60	-0.31	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	10	I[10]	-15.2	-38.4	22.5	0.60	-0.32	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	10	J[11]	-28.3	-38.4	30.0	0.60	-0.54	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	11	I[11]	-28.3	-43.5	26.9	0.60	-0.54	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	11	J[12]	-43.7	-43.5	34.4	0.60	-0.80	0.66	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	12	I[12]	-43.7	-50.2	24.1	0.60	-0.81	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	12	J[13]	-34.5	-50.2	17.5	0.60	-0.66	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	13	I[14]	5.0	-168.8	54.0	0.55	-0.21	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	13	J[13]	34.5	-174.5	58.4	0.55	0.37	-1.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	14	I[15]	-23.0	-163.3	51.4	0.55	-0.75	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	14	J[14]	5.0	-169.1	55.8	0.55	-0.21	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	15	I[16]	-16.2	-164.6	13.1	0.57	-0.59	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	15	J[15]	-23.0	-172.4	11.1	0.57	-0.73	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	16	I[17]	-12.9	-158.8	7.4	0.47	-0.69	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	16	J[16]	-16.2	-164.5	6.0	0.47	-0.79	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	17	I[18]	-13.6	-154.0	0.8	0.40	-0.89	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	17	J[17]	-12.9	-158.8	2.0	0.40	-0.88	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	18	I[19]	-10.4	-149.3	6.7	0.35	-0.93	0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	18	J[18]	-13.6	-153.7	6.1	0.35	-1.10	0.22	-30.71	2.06	OK

NSLE - 3	19	I[20]	-10.8	-145.5	0.7	0.30	-1.20	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	19	J[19]	-10.4	-149.2	1.0	0.30	-1.19	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	20	I[21]	-11.0	-141.8	0.4	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	20	J[20]	-10.8	-145.6	0.4	0.30	-1.20	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	21	I[22]	-9.4	-137.9	2.9	0.30	-1.09	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	21	J[21]	-11.0	-141.6	3.5	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	22	I[23]	-7.7	-133.9	2.9	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	22	J[22]	-9.4	-137.5	3.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	23	I[24]	-6.2	-130.0	2.2	0.30	-0.87	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	23	J[23]	-7.7	-133.5	3.7	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	24	I[25]	-5.1	-126.5	1.3	0.30	-0.86	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	24	J[24]	-6.2	-129.7	3.1	0.30	-0.87	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	25	I[26]	-4.4	-123.2	0.3	0.30	-0.73	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	25	J[25]	-5.1	-126.2	2.6	0.30	-0.86	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	26	I[27]	-4.0	-120.4	0.6	0.30	-0.67	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	26	J[26]	-4.4	-123.1	2.1	0.30	-0.73	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	27	I[28]	-3.9	-118.0	1.2	0.30	-0.65	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	27	J[27]	-4.0	-120.3	1.7	0.30	-0.67	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	28	I[29]	-3.9	-116.0	1.6	0.30	-0.65	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	28	J[28]	-3.9	-117.9	1.6	0.30	-0.65	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	29	I[30]	-4.0	-114.4	1.9	0.30	-0.65	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	29	J[29]	-3.9	-116.0	1.6	0.30	-0.65	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	30	I[31]	-4.1	-113.3	1.9	0.30	-0.65	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	30	J[30]	-4.0	-114.4	1.7	0.30	-0.65	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	31	I[32]	-4.0	-112.6	1.7	0.30	-0.64	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	31	J[31]	-4.1	-113.3	2.0	0.30	-0.65	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	32	I[33]	-3.7	-112.3	1.3	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	32	J[32]	-4.0	-112.5	2.5	0.30	-0.64	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	33	I[34]	-3.1	-112.4	0.7	0.30	-0.58	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	33	J[33]	-3.7	-112.2	3.1	0.30	-0.62	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	34	I[35]	-2.1	-112.9	0.0	0.30	-0.52	-0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	34	J[34]	-3.1	-112.2	3.7	0.30	-0.58	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	35	I[36]	-0.9	-113.8	0.7	0.30	-0.44	-0.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	35	J[35]	-2.1	-112.7	4.3	0.30	-0.52	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	36	I[37]	-4.6	-115.4	1.4	0.30	-0.69	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	36	J[36]	-4.7	-113.9	2.0	0.30	-0.69	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	37	I[38]	-4.4	-117.4	1.3	0.30	-0.68	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	37	J[37]	-4.6	-115.4	1.9	0.30	-0.69	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	38	I[39]	-4.4	-119.7	1.4	0.30	-0.69	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	38	J[38]	-4.4	-117.4	1.5	0.30	-0.68	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	39	I[40]	-4.6	-122.5	1.8	0.30	-0.72	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	39	J[39]	-4.4	-119.8	0.8	0.30	-0.69	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	40	I[41]	-5.2	-125.6	2.3	0.30	-0.77	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	40	J[40]	-4.6	-122.6	0.1	0.30	-0.72	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	41	I[42]	-6.3	-129.0	3.0	0.30	-0.85	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	41	J[41]	-5.2	-125.8	1.1	0.30	-0.77	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	42	I[43]	-7.7	-132.8	3.6	0.30	-0.95	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	42	J[42]	-6.3	-129.4	2.1	0.30	-0.85	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	43	I[44]	-9.4	-136.8	3.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	43	J[43]	-7.7	-133.2	2.8	0.30	-0.96	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	44	I[45]	-10.9	-140.9	3.4	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	44	J[44]	-9.4	-137.2	2.9	0.30	-1.08	0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	45	I[46]	-10.7	-144.9	0.3	0.30	-1.20	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	45	J[45]	-10.9	-141.1	0.4	0.30	-1.20	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	46	I[47]	-10.3	-148.5	1.0	0.30	-1.18	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	46	J[46]	-10.7	-144.8	0.7	0.30	-1.20	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	47	I[48]	-13.5	-153.0	6.1	0.35	-1.10	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	47	J[47]	-10.3	-148.6	6.7	0.35	-0.93	0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	48	I[49]	-12.9	-158.2	1.9	0.40	-0.88	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	48	J[48]	-13.5	-153.3	0.7	0.40	-0.89	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	49	I[50]	-16.2	-163.9	6.0	0.47	-0.79	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	49	J[49]	-12.9	-158.2	7.4	0.47	-0.69	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	50	I[51]	-23.0	-171.7	11.1	0.57	-0.73	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	50	J[50]	-16.2	-163.9	13.0	0.57	-0.59	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	51	I[52]	4.9	-168.5	55.5	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	51	J[51]	-23.0	-162.7	51.2	0.55	-0.75	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	52	I[1]	34.3	-173.9	58.1	0.55	0.36	-1.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 3	52	J[52]	4.9	-168.1	53.8	0.55	-0.21	-0.40	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, \max}$	-1.20
$\sigma_{t, \max}$	0.66

A.5.4.18. Load combination SLE 4

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 4



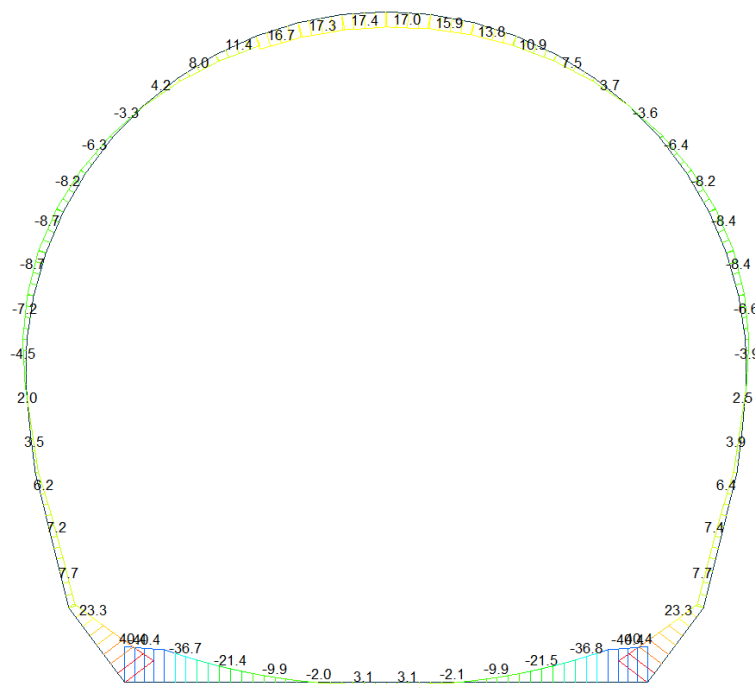
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

-11.18
-17.55
-23.93
-30.30
-36.68
-43.05
-49.43
-55.80
-62.18
-68.55
-74.93
-81.30

ST: NSLE - 4  
MAX : 6  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 4



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

40.43
33.08
25.73
18.38
11.03
3.68
0.00
-11.03
-18.38
-25.73
-33.08
-40.43

ST: NSLE - 4  
MAX : 13  
MIN : 12  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN\*m  
DATE: 03/25/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\varphi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctw}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 4	1	I[1]	-49.6	-15.4	19.2	0.60	-0.85	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	1	J[2]	-42.6	-15.4	12.6	0.60	-0.74	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	2	I[2]	-42.6	-13.3	37.9	0.60	-0.73	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	2	J[3]	-25.6	-13.3	30.4	0.60	-0.45	0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	3	I[3]	-25.6	-11.8	30.4	0.60	-0.45	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	3	J[4]	-12.3	-11.8	22.9	0.60	-0.22	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	4	I[4]	-12.3	-10.7	22.9	0.60	-0.22	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	4	J[5]	-2.7	-10.7	15.4	0.60	-0.06	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	5	I[5]	-2.7	-10.0	15.4	0.60	-0.06	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	5	J[6]	3.1	-10.0	7.9	0.60	0.03	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	6	I[6]	3.1	-9.6	7.9	0.60	0.04	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	6	J[7]	5.1	-9.6	0.4	0.60	0.07	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	7	I[7]	5.1	-9.7	0.4	0.60	0.07	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	7	J[8]	3.1	-9.7	7.9	0.60	0.03	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	8	I[8]	3.1	-10.1	7.9	0.60	0.03	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	8	J[9]	-2.8	-10.1	15.4	0.60	-0.06	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	9	I[9]	-2.8	-10.8	15.4	0.60	-0.06	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	9	J[10]	-12.4	-10.8	22.9	0.60	-0.22	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	10	I[10]	-12.4	-12.0	22.9	0.60	-0.23	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	10	J[11]	-25.7	-12.0	30.4	0.60	-0.45	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	11	I[11]	-25.7	-13.6	30.4	0.60	-0.45	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	11	J[12]	-42.8	-13.6	37.9	0.60	-0.74	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	12	I[12]	-42.8	-15.8	12.6	0.60	-0.74	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	12	J[13]	-49.8	-15.8	19.2	0.60	-0.86	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	13	I[14]	31.8	-73.0	32.0	0.55	0.50	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	13	J[13]	49.8	-78.7	36.4	0.55	0.84	-1.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	14	I[15]	15.2	-67.4	29.5	0.55	0.18	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	14	J[14]	31.8	-73.2	33.8	0.55	0.50	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	15	I[16]	13.1	-67.2	2.8	0.57	0.12	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	15	J[15]	15.2	-75.0	4.7	0.57	0.15	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	16	I[17]	10.6	-61.5	4.2	0.47	0.16	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	16	J[16]	13.1	-67.2	5.6	0.47	0.21	-0.50	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	17	I[18]	6.5	-56.7	7.6	0.40	0.10	-0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	17	J[17]	10.6	-61.5	8.8	0.40	0.25	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	18	I[19]	3.6	-53.2	5.6	0.35	0.02	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	18	J[18]	6.5	-57.5	6.2	0.35	0.16	-0.48	-30.71	2.06	OK

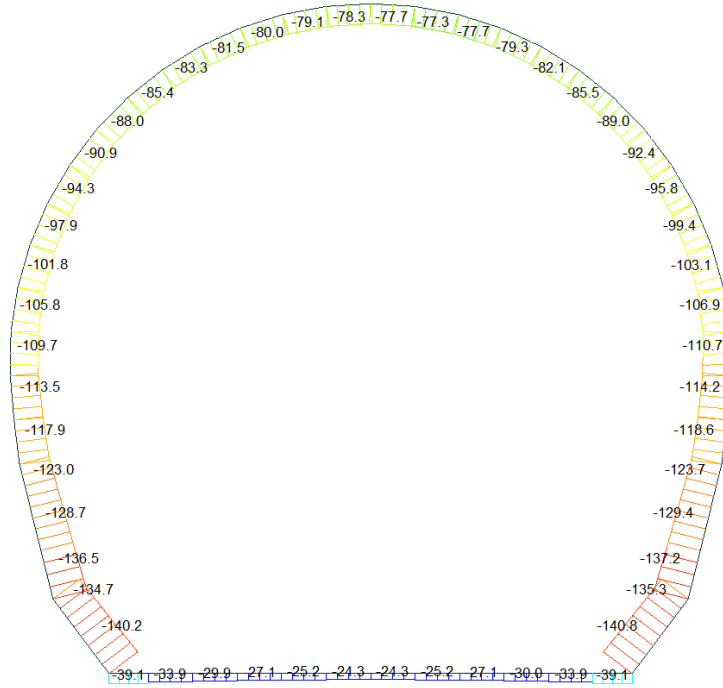


NSLE - 4	19	I[20]	-0.9	-49.7	8.9	0.30	-0.23	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	19	J[19]	3.6	-53.4	9.2	0.30	0.06	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	20	I[21]	-5.5	-46.9	9.2	0.30	-0.52	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	20	J[20]	-0.9	-50.6	9.1	0.30	-0.23	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	21	I[22]	-8.6	-44.2	6.4	0.30	-0.72	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	21	J[21]	-5.5	-47.9	5.8	0.30	-0.53	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	22	I[23]	-9.3	-41.1	1.9	0.30	-0.75	0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	22	J[22]	-8.6	-44.7	0.9	0.30	-0.72	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	23	I[24]	-8.0	-37.5	1.7	0.30	-0.69	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	23	J[23]	-9.3	-41.0	3.2	0.30	-0.75	0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	24	I[25]	-5.4	-33.8	4.4	0.30	-0.57	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	24	J[24]	-8.0	-37.0	6.3	0.30	-0.68	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	25	I[26]	-1.7	-30.0	6.3	0.30	-0.24	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	25	J[25]	-5.4	-33.0	8.5	0.30	-0.56	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	26	I[27]	2.6	-26.3	7.3	0.30	0.09	-0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	26	J[26]	-1.7	-29.0	9.9	0.30	-0.23	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	27	I[28]	7.1	-22.9	7.6	0.30	0.40	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	27	J[27]	2.6	-25.2	10.5	0.30	0.09	-0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	28	I[29]	11.5	-19.8	7.1	0.30	0.70	-0.83	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	28	J[28]	7.1	-21.8	10.3	0.30	0.40	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	29	I[30]	15.4	-17.2	6.1	0.30	0.97	-1.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	29	J[29]	11.5	-18.8	9.5	0.30	0.70	-0.83	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	30	I[31]	18.5	-15.2	4.6	0.30	1.19	-1.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	30	J[30]	15.4	-16.3	8.2	0.30	0.97	-1.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	31	I[32]	20.8	-13.8	2.7	0.30	1.34	-1.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	31	J[31]	18.5	-14.5	6.4	0.30	1.19	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	32	I[33]	22.1	-13.2	0.7	0.30	1.43	-1.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	32	J[32]	20.8	-13.4	4.4	0.30	1.34	-1.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	33	I[34]	22.3	-13.2	1.5	0.30	1.44	-1.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	33	J[33]	22.1	-13.0	2.3	0.30	1.43	-1.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	34	I[35]	21.5	-14.0	3.5	0.30	1.38	-1.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	34	J[34]	22.3	-13.3	0.2	0.30	1.44	-1.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	35	I[36]	19.7	-15.4	5.3	0.30	1.26	-1.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	35	J[35]	21.5	-14.3	1.8	0.30	1.38	-1.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	36	I[37]	12.0	-18.0	9.4	0.30	0.74	-0.86	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	36	J[36]	15.9	-16.4	6.0	0.30	1.00	-1.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	37	I[38]	7.7	-20.9	10.3	0.30	0.44	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	37	J[37]	12.0	-19.0	7.1	0.30	0.74	-0.87	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	38	I[39]	3.2	-24.4	10.6	0.30	0.13	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	38	J[38]	7.7	-22.0	7.6	0.30	0.44	-0.59	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	39	I[40]	-1.2	-28.2	10.1	0.30	-0.18	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	39	J[39]	3.2	-25.5	7.5	0.30	0.13	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	40	I[41]	-5.1	-32.2	8.8	0.30	-0.45	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	40	J[40]	-1.2	-29.2	6.6	0.30	-0.18	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	41	I[42]	-7.9	-36.3	6.7	0.30	-0.65	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	41	J[41]	-5.1	-33.1	4.8	0.30	-0.45	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	42	I[43]	-9.4	-40.3	3.6	0.30	-0.76	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	42	J[42]	-7.9	-36.8	2.2	0.30	-0.65	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	43	I[44]	-9.0	-44.0	0.3	0.30	-0.74	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	43	J[43]	-9.4	-40.4	1.4	0.30	-0.76	0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	44	I[45]	-6.2	-47.4	5.2	0.30	-0.57	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	44	J[44]	-9.0	-43.7	5.7	0.30	-0.74	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	45	I[46]	-1.8	-50.1	8.9	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	45	J[45]	-6.2	-46.4	9.0	0.30	-0.57	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	46	I[47]	2.8	-52.9	9.3	0.30	0.01	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	46	J[46]	-1.8	-49.2	9.0	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	47	I[48]	5.9	-57.0	6.4	0.35	0.12	-0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	47	J[47]	2.8	-52.7	5.9	0.35	-0.01	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	48	I[49]	10.1	-61.0	9.1	0.40	0.23	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	48	J[48]	5.9	-56.1	7.9	0.40	0.08	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	49	I[50]	12.7	-66.7	5.9	0.47	0.20	-0.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	49	J[49]	10.1	-61.0	4.5	0.47	0.14	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	50	I[51]	15.0	-74.5	5.1	0.57	0.15	-0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	50	J[50]	12.7	-66.7	3.1	0.57	0.12	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	51	I[52]	31.6	-72.6	33.9	0.55	0.50	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	51	J[51]	15.0	-66.8	29.6	0.55	0.18	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	52	I[1]	49.6	-78.1	36.5	0.55	0.84	-1.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 4	52	J[52]	31.6	-72.4	32.1	0.55	0.50	-0.76	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, \max}$	-1.53
$\sigma_{t, \max}$	1.44

A.5.4.19. Load combination SLE 5 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_NSLE - 5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-24.31
Cyan	-34.90
Green	-45.49
Light Green	-56.08
Yellow-Green	-66.67
Yellow	-77.26
Orange-Yellow	-87.85
Orange	-98.45
Red-Orange	-109.04
Red	-119.63
Dark Red	-130.22
Dark Red	-140.81

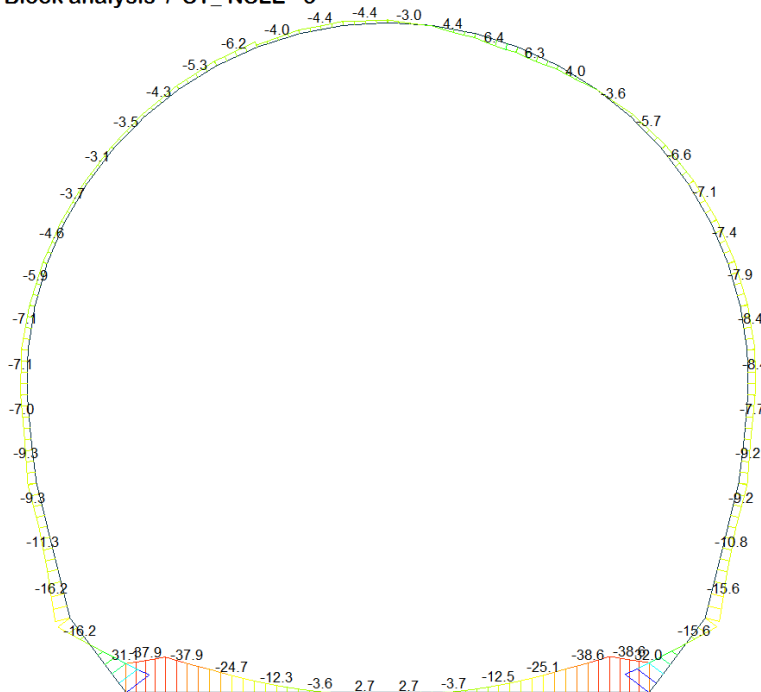
ST: NSLE - 5

MAX : 6  
MIN : 13

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_NSLE - 5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	32.03
Cyan	25.61
Green	19.19
Light Green	12.78
Yellow-Green	6.36
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-6.47
Orange	-12.89
Red-Orange	-19.31
Red	-25.73
Dark Red	-32.14
Dark Red	-38.56

ST: NSLE - 5

MAX : 13  
MIN : 12

FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN\*m  
DATE: 03/27/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\varphi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{q}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

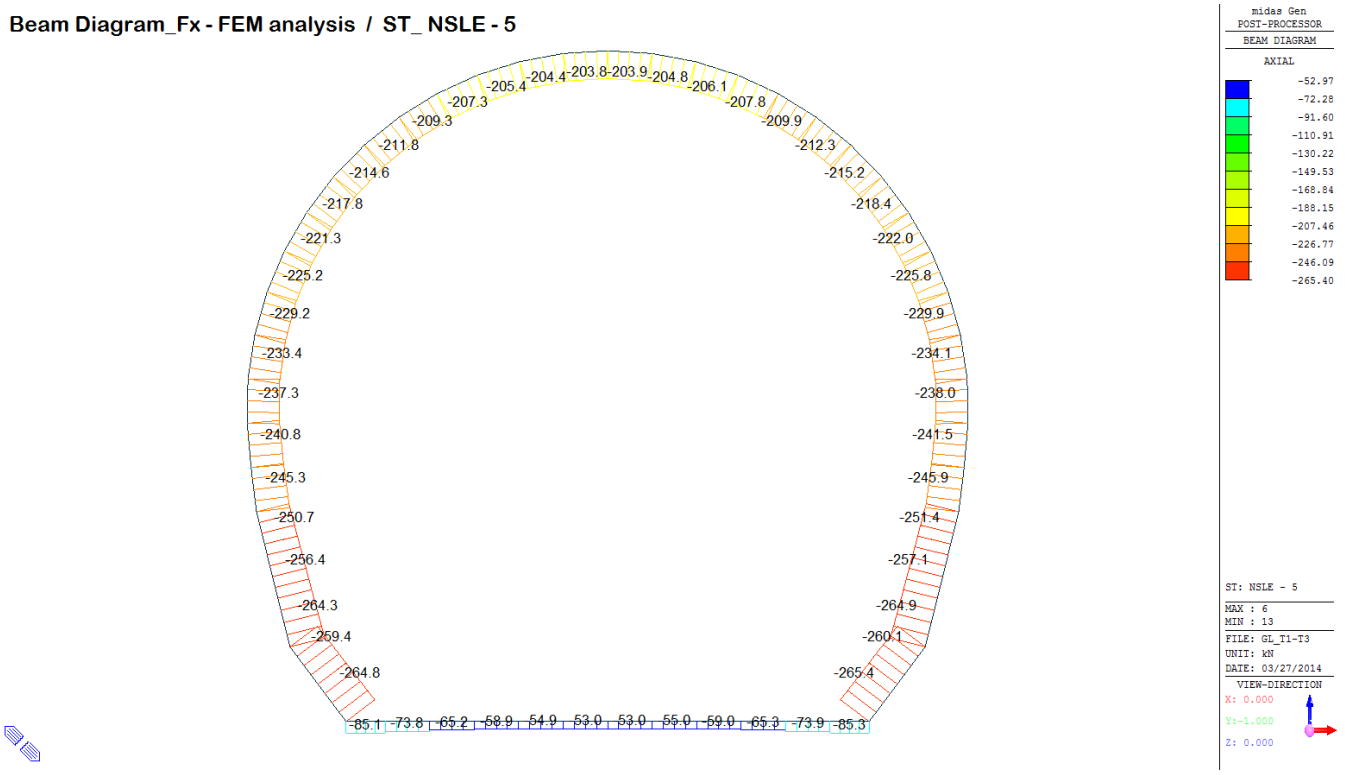
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 5	1	I[1]	-37.2	-53.3	16.9	0.60	-0.71	0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	1	J[2]	-46.0	-53.3	23.5	0.60	-0.86	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	2	I[2]	-46.0	-46.2	37.5	0.60	-0.84	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	2	J[3]	-29.2	-46.2	30.0	0.60	-0.56	0.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	3	I[3]	-29.2	-40.8	29.9	0.60	-0.55	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	3	J[4]	-16.1	-40.8	22.4	0.60	-0.34	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	4	I[4]	-16.1	-36.9	22.4	0.60	-0.33	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	4	J[5]	-6.8	-36.9	14.9	0.60	-0.18	0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	5	I[5]	-6.8	-34.4	14.9	0.60	-0.17	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	5	J[6]	-1.3	-34.4	7.4	0.60	-0.08	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	6	I[6]	-1.3	-33.2	7.4	0.60	-0.08	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	6	J[7]	0.6	-33.2	0.1	0.60	-0.05	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	7	I[7]	0.6	-33.2	0.1	0.60	-0.05	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	7	J[8]	-1.4	-33.2	7.6	0.60	-0.08	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	8	I[8]	-1.4	-34.4	7.6	0.60	-0.08	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	8	J[9]	-7.1	-34.4	15.1	0.60	-0.18	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	9	I[9]	-7.1	-37.0	15.1	0.60	-0.18	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	9	J[10]	-16.5	-37.0	22.6	0.60	-0.34	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	10	I[10]	-16.5	-40.9	22.6	0.60	-0.34	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	10	J[11]	-29.7	-40.9	30.1	0.60	-0.56	0.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	11	I[11]	-29.7	-46.3	30.1	0.60	-0.57	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	11	J[12]	-46.7	-46.3	37.6	0.60	-0.85	0.70	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	12	I[12]	-46.7	-53.4	23.0	0.60	-0.87	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	12	J[13]	-38.0	-53.4	16.4	0.60	-0.72	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	13	I[14]	6.9	-179.0	57.0	0.55	-0.19	-0.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	13	J[13]	38.0	-184.8	61.4	0.55	0.42	-1.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	14	I[15]	-22.8	-173.6	54.6	0.55	-0.77	0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	14	J[14]	6.9	-179.4	58.9	0.55	-0.19	-0.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	15	I[16]	-15.7	-175.4	13.7	0.57	-0.60	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	15	J[15]	-22.8	-183.2	11.8	0.57	-0.74	0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	16	I[17]	-12.3	-169.7	7.5	0.47	-0.69	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	16	J[16]	-15.7	-175.4	6.1	0.47	-0.80	0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	17	I[18]	-13.3	-164.8	1.4	0.40	-0.91	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	17	J[17]	-12.3	-169.7	2.6	0.40	-0.88	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	18	I[19]	-10.3	-160.3	6.3	0.35	-0.96	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	18	J[18]	-13.3	-164.6	5.8	0.35	-1.12	0.18	-30.71	2.06	OK

NSLE - 5	19	J[20]	-11.2	-156.4	1.8	0.30	-1.27	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	19	J[19]	-10.3	-160.2	2.1	0.30	-1.22	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	J[21]	-12.1	-152.9	1.8	0.30	-1.32	0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	J[20]	-11.2	-156.6	1.7	0.30	-1.27	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	21	J[22]	-11.2	-149.2	1.6	0.30	-1.24	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	21	J[21]	-12.1	-152.9	2.1	0.30	-1.32	0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	22	J[23]	-10.2	-145.3	1.5	0.30	-1.16	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	22	J[22]	-11.2	-148.9	2.5	0.30	-1.24	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	23	J[24]	-9.3	-141.6	1.0	0.30	-1.12	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	23	J[23]	-10.2	-145.1	2.5	0.30	-1.16	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	24	J[25]	-8.5	-138.2	0.7	0.30	-1.12	0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	24	J[24]	-9.3	-141.4	2.6	0.30	-1.12	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	25	J[26]	-7.3	-134.9	1.3	0.30	-0.96	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	25	J[25]	-8.5	-137.9	3.5	0.30	-1.12	0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	26	J[27]	-5.1	-131.8	3.1	0.30	-0.78	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	26	J[26]	-7.3	-134.5	5.7	0.30	-0.96	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	27	J[28]	-1.6	-128.6	3.9	0.30	-0.53	-0.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	27	J[27]	-5.1	-131.0	9.4	0.30	-0.78	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	28	J[29]	2.0	-125.7	1.2	0.30	-0.29	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	28	J[28]	-1.6	-127.7	12.1	0.30	-0.53	-0.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	J[30]	3.6	-123.4	5.3	0.30	-0.17	-0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	J[29]	2.0	-124.9	10.9	0.30	-0.28	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	J[31]	1.9	-122.3	11.2	0.30	-0.28	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	J[30]	3.6	-123.4	5.1	0.30	-0.17	-0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	J[32]	-1.6	-122.3	12.2	0.30	-0.51	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	J[31]	1.9	-123.0	0.8	0.30	-0.29	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	J[33]	-4.7	-123.0	8.9	0.30	-0.72	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	J[32]	-1.6	-123.2	2.6	0.30	-0.52	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	J[34]	-5.8	-123.8	4.2	0.30	-0.80	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	J[33]	-4.7	-123.6	0.5	0.30	-0.72	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	J[35]	-5.4	-124.6	0.9	0.30	-0.77	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	J[34]	-5.8	-123.9	2.8	0.30	-0.80	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	J[36]	-3.8	-125.4	1.4	0.30	-0.67	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	J[35]	-5.4	-124.3	4.9	0.30	-0.77	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	J[37]	-6.8	-127.0	0.1	0.30	-0.87	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	J[36]	-7.6	-125.4	3.3	0.30	-0.92	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	J[38]	-5.9	-128.7	0.2	0.30	-0.82	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	J[37]	-6.8	-126.8	3.4	0.30	-0.87	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	J[39]	-5.2	-130.9	0.1	0.30	-0.78	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	J[38]	-5.9	-128.6	2.8	0.30	-0.82	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	J[40]	-5.0	-133.5	0.8	0.30	-0.78	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	J[39]	-5.2	-130.8	1.8	0.30	-0.78	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	J[41]	-5.3	-136.5	1.7	0.30	-0.81	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	J[40]	-5.0	-133.5	0.5	0.30	-0.78	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	J[42]	-6.2	-139.9	2.7	0.30	-0.88	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	J[41]	-5.3	-136.7	0.8	0.30	-0.81	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	J[43]	-7.6	-143.7	3.5	0.30	-0.98	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	J[42]	-6.2	-140.2	2.1	0.30	-0.88	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	J[44]	-9.3	-147.7	3.9	0.30	-1.11	0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	J[43]	-7.6	-144.1	2.9	0.30	-0.98	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	J[45]	-10.9	-151.8	3.5	0.30	-1.23	0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	J[44]	-9.3	-148.1	2.9	0.30	-1.11	0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	J[46]	-10.6	-155.7	0.6	0.30	-1.22	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	J[45]	-10.9	-152.0	0.6	0.30	-1.23	0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	J[47]	-10.1	-159.4	1.2	0.30	-1.20	0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	J[46]	-10.6	-155.6	0.9	0.30	-1.22	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	J[48]	-13.4	-163.8	6.4	0.35	-1.12	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	J[47]	-10.1	-159.5	6.9	0.35	-0.95	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	J[49]	-12.6	-169.0	2.2	0.40	-0.89	0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	J[48]	-13.4	-164.1	1.0	0.40	-0.91	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	J[50]	-16.1	-174.7	6.4	0.47	-0.81	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	J[49]	-12.6	-169.0	7.8	0.47	-0.70	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	J[51]	-23.3	-182.5	11.9	0.57	-0.75	0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	J[50]	-16.1	-174.7	13.8	0.57	-0.60	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	51	J[52]	6.2	-178.8	58.6	0.55	-0.20	-0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	51	J[51]	-23.3	-173.0	54.3	0.55	-0.78	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	52	J[1]	37.2	-184.2	61.1	0.55	0.40	-1.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	52	J[52]	6.2	-178.4	56.8	0.55	-0.20	-0.45	-30.71	2.06	OK

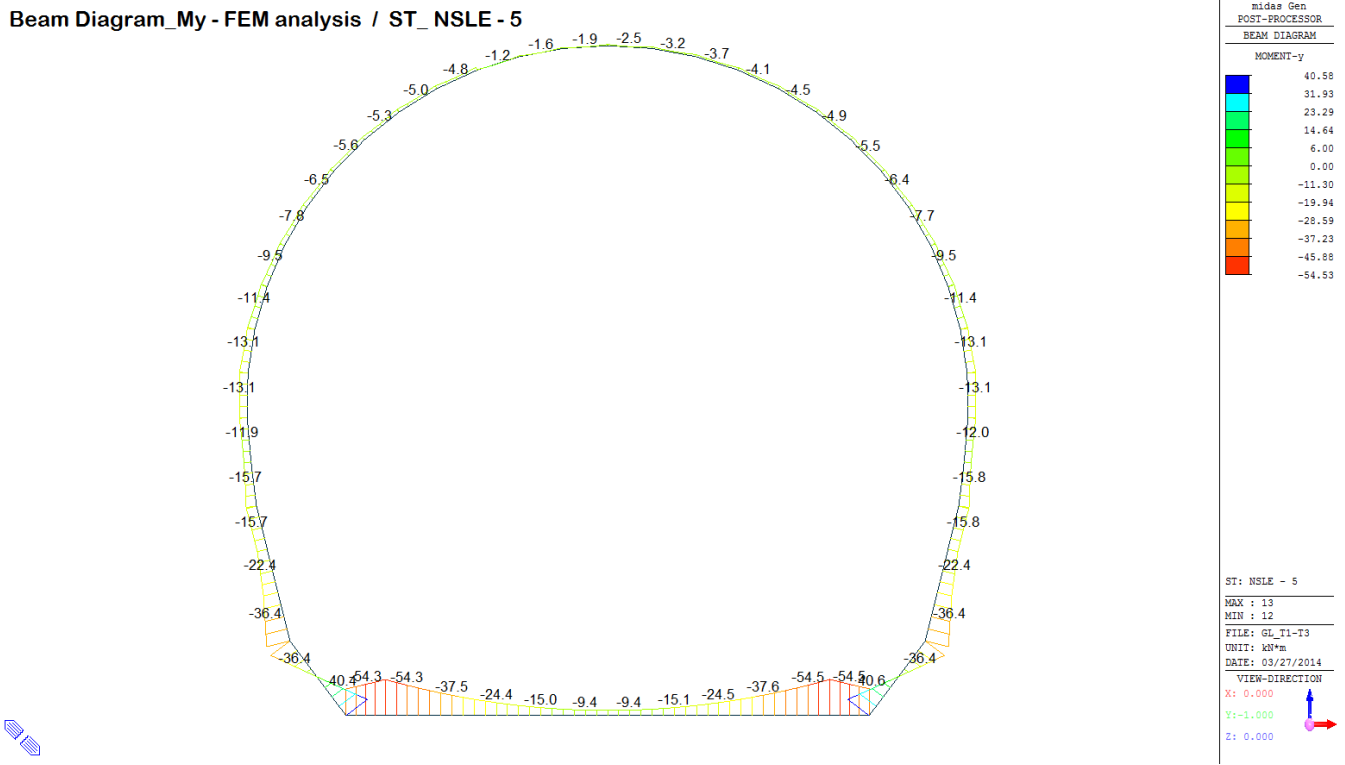
$\sigma_{c, \max}$	-1.32
$\sigma_{t, \max}$	0.70

A.5.4.20. Load combination SLE 5 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_NSLE - 5



Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_NSLE - 5



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	F <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctk0.05</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	E <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
γ <sub>c</sub>	1.00	α <sub>cc</sub>	1.00	α <sub>ct</sub>	1.00	φ	0.80
f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctw</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	E <sub>p</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

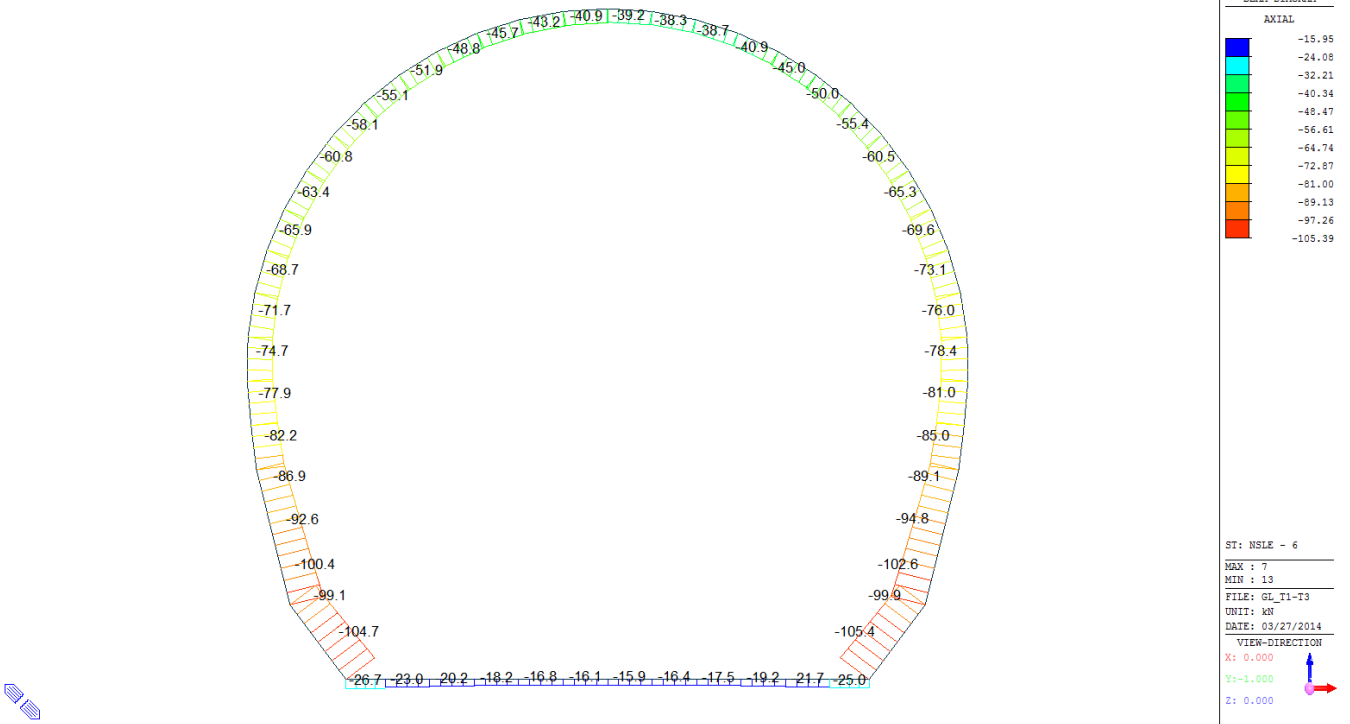
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN·m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 5	1	I[1]	-40.4	-85.1	28.4	0.60	-0.82	0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	1	J[2]	-54.3	-85.1	35.0	0.60	-1.05	0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	2	I[2]	-54.3	-73.8	37.5	0.60	-1.03	0.78	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	2	J[3]	-37.5	-73.8	30.0	0.60	-0.75	0.50	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	3	I[3]	-37.5	-65.2	30.0	0.60	-0.73	0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	3	J[4]	-24.4	-65.2	22.5	0.60	-0.51	0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	4	I[4]	-24.4	-59.0	22.5	0.60	-0.50	0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	4	J[5]	-15.0	-59.0	15.0	0.60	-0.35	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	5	I[5]	-15.0	-54.9	15.0	0.60	-0.34	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	5	J[6]	-9.4	-54.9	7.5	0.60	-0.25	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	6	I[6]	-9.4	-53.0	7.5	0.60	-0.25	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	6	J[7]	-7.6	-53.0	0.0	0.60	-0.21	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	7	I[7]	-7.6	-53.0	0.0	0.60	-0.21	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	7	J[8]	-9.5	-53.0	7.5	0.60	-0.25	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	8	I[8]	-9.5	-55.0	7.5	0.60	-0.25	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	8	J[9]	-15.1	-55.0	15.0	0.60	-0.34	0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	9	I[9]	-15.1	-59.0	15.0	0.60	-0.35	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	9	J[10]	-24.5	-59.0	22.5	0.60	-0.51	0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	10	I[10]	-24.5	-65.3	22.5	0.60	-0.52	0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	10	J[11]	-37.6	-65.3	30.0	0.60	-0.74	0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	11	I[11]	-37.6	-73.9	30.0	0.60	-0.75	0.50	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	11	J[12]	-54.5	-73.9	37.5	0.60	-1.03	0.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	12	I[12]	-54.5	-85.3	35.0	0.60	-1.05	0.77	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	12	J[13]	-40.6	-85.3	28.4	0.60	-0.82	0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	13	I[14]	1.9	-259.6	72.0	0.55	-0.43	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	13	J[13]	40.6	-265.4	75.6	0.55	0.32	-1.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	14	I[15]	-36.4	-254.3	72.1	0.55	-1.18	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	14	J[14]	1.9	-260.1	74.4	0.55	-0.43	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	15	I[16]	-22.4	-257.1	24.1	0.57	-0.86	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	15	J[15]	-36.4	-264.9	25.5	0.57	-1.14	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	16	I[17]	-15.4	-251.4	12.7	0.47	-0.95	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	16	J[16]	-22.4	-257.1	15.3	0.47	-1.15	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	17	I[18]	-15.8	-246.5	2.8	0.40	-1.21	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	17	J[17]	-15.4	-251.4	1.0	0.40	-1.20	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	18	I[19]	-10.7	-241.6	7.3	0.35	-1.22	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	18	J[18]	-15.8	-246.0	12.7	0.35	-1.47	0.07	-30.71	2.06	OK

NSLE - 5	19	I[20]	-12.0	-237.7	5.8	0.30	-1.59	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	19	J[19]	-10.7	-241.5	0.6	0.30	-1.52	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	I[21]	-13.1	-234.2	6.4	0.30	-1.66	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	J[20]	-12.0	-238.0	1.6	0.30	-1.59	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	21	I[22]	-11.4	-230.4	1.5	0.30	-1.53	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	21	J[21]	-13.1	-234.1	8.1	0.30	-1.66	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	22	I[23]	-9.5	-226.3	1.7	0.30	-1.39	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	22	J[22]	-11.4	-229.9	9.4	0.30	-1.53	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	23	I[24]	-7.7	-222.4	2.8	0.30	-1.28	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	23	J[23]	-9.5	-225.8	9.7	0.30	-1.38	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	24	I[25]	-6.4	-218.7	4.3	0.30	-1.25	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	24	J[24]	-7.7	-222.0	9.5	0.30	-1.28	-0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	25	I[26]	-5.5	-215.4	5.9	0.30	-1.11	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	25	J[25]	-6.4	-218.4	9.4	0.30	-1.25	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	26	I[27]	-4.9	-212.5	7.2	0.30	-1.03	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	26	J[26]	-5.5	-215.2	9.4	0.30	-1.11	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	27	I[28]	-4.5	-210.0	8.3	0.30	-1.00	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	27	J[27]	-4.9	-212.3	9.7	0.30	-1.03	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	28	I[29]	-4.2	-207.9	9.0	0.30	-0.97	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	28	J[28]	-4.5	-209.9	10.2	0.30	-1.00	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	I[30]	-3.7	-206.2	9.4	0.30	-0.94	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	J[29]	-4.2	-207.8	11.0	0.30	-0.97	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	I[31]	-3.2	-204.9	9.7	0.30	-0.89	-0.47	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	J[30]	-3.7	-206.1	11.8	0.30	-0.93	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	I[32]	-2.5	-204.1	10.1	0.30	-0.85	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	J[31]	-3.2	-204.8	12.6	0.30	-0.89	-0.47	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	I[33]	-1.9	-203.7	10.8	0.30	-0.81	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	J[32]	-2.5	-203.9	12.9	0.30	-0.85	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	I[34]	-1.6	-203.8	11.1	0.30	-0.79	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	J[33]	-1.9	-203.6	12.6	0.30	-0.81	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	I[35]	-1.2	-204.4	10.5	0.30	-0.76	-0.60	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	J[34]	-1.6	-203.7	12.2	0.30	-0.79	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	I[36]	-0.6	-205.4	9.4	0.30	-0.72	-0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	J[35]	-1.2	-204.3	12.1	0.30	-0.76	-0.60	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	I[37]	-4.8	-207.3	10.9	0.30	-1.01	-0.37	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	J[36]	-4.4	-205.7	9.5	0.30	-0.98	-0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	I[38]	-5.0	-209.3	10.0	0.30	-1.03	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	J[37]	-4.8	-207.4	9.2	0.30	-1.01	-0.37	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	I[39]	-5.3	-211.8	9.4	0.30	-1.06	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	J[38]	-5.0	-209.4	8.5	0.30	-1.03	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	I[40]	-5.6	-214.6	9.2	0.30	-1.09	-0.34	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	J[39]	-5.3	-211.9	7.5	0.30	-1.06	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	I[41]	-6.5	-217.8	9.2	0.30	-1.16	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	J[40]	-5.6	-214.8	6.1	0.30	-1.09	-0.34	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	I[42]	-7.8	-221.3	9.4	0.30	-1.25	-0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	J[41]	-6.5	-218.1	4.5	0.30	-1.16	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	I[43]	-9.5	-225.2	9.6	0.30	-1.38	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	J[42]	-7.8	-221.7	2.9	0.30	-1.26	-0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	I[44]	-11.4	-229.2	9.3	0.30	-1.52	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	J[43]	-9.5	-225.6	1.7	0.30	-1.38	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	I[45]	-13.1	-233.4	8.1	0.30	-1.65	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	J[44]	-11.4	-229.7	1.5	0.30	-1.53	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	I[46]	-11.9	-237.3	1.6	0.30	-1.59	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	J[45]	-13.1	-233.5	6.4	0.30	-1.65	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	I[47]	-10.7	-240.8	0.7	0.30	-1.52	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	J[46]	-11.9	-237.1	5.8	0.30	-1.59	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	I[48]	-15.8	-245.3	12.7	0.35	-1.47	0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	J[47]	-10.7	-240.9	7.3	0.35	-1.21	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	I[49]	-15.4	-250.7	1.0	0.40	-1.20	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	J[48]	-15.8	-245.9	2.8	0.40	-1.21	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	I[50]	-22.4	-256.4	15.3	0.47	-1.15	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	J[49]	-15.4	-250.7	12.7	0.47	-0.95	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	I[51]	-36.4	-264.3	25.5	0.57	-1.14	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	J[50]	-22.4	-256.5	24.0	0.57	-0.86	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	51	I[52]	1.8	-259.4	74.2	0.55	-0.44	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	51	J[51]	-36.4	-253.7	71.9	0.55	-1.18	0.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	52	I[1]	40.4	-264.8	75.4	0.55	0.32	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	52	J[52]	1.8	-259.0	71.8	0.55	-0.43	-0.51	-30.71	2.06	OK

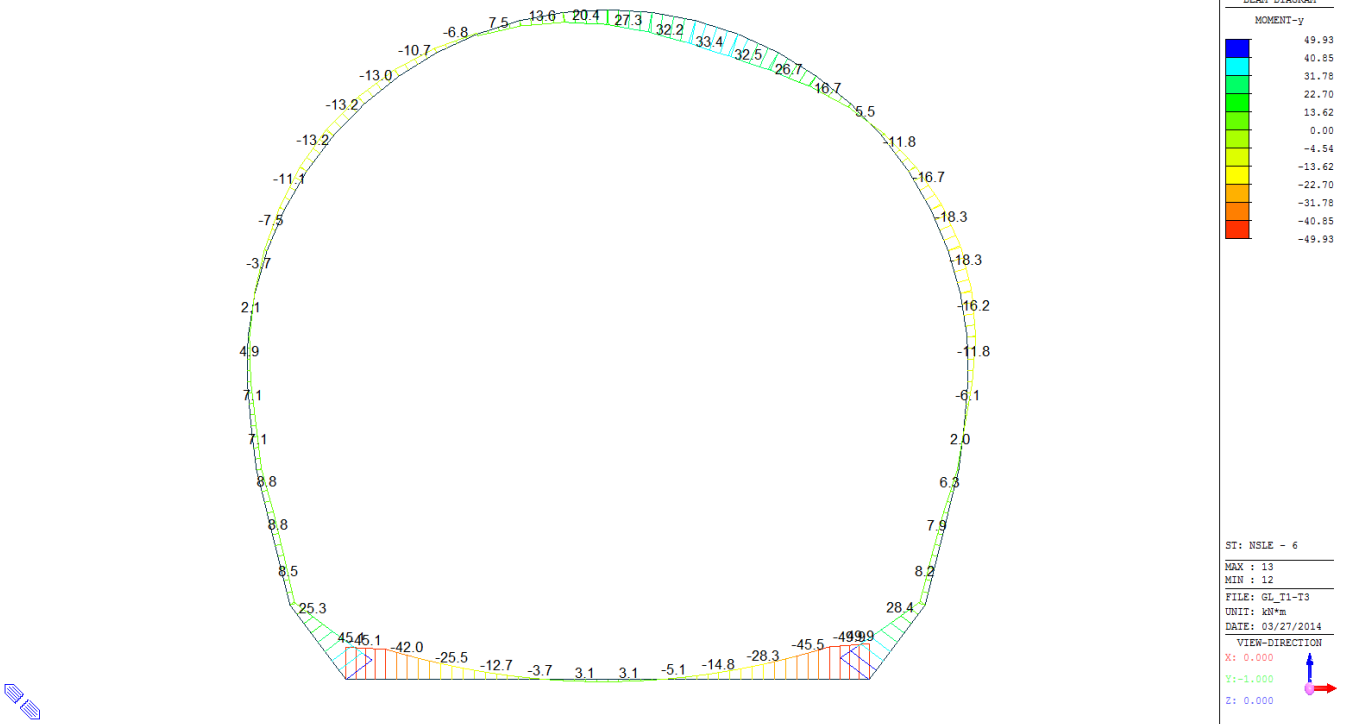
$\sigma_{c, \max}$	-1.66
$\sigma_{t, \max}$	0.79

A.5.4.21. Load combination SLE 6 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_NSLE - 6



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_NSLE - 6





## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	F <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctk0.05</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	E <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
γ <sub>c</sub>	1.00	α <sub>cc</sub>	1.00	α <sub>ct</sub>	1.00	φ	0.80
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	E <sub>φ</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

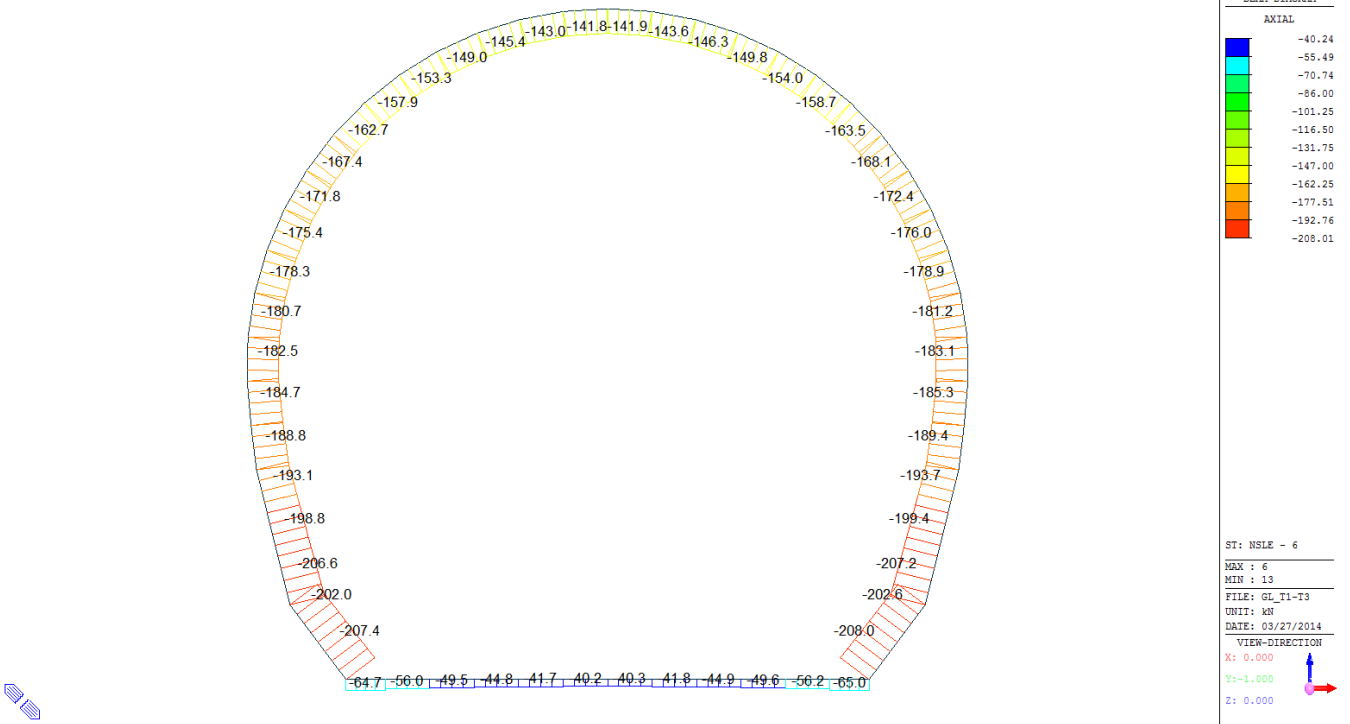
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN·m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 6	1	I[1]	-45.1	-26.7	10.2	0.60	-0.80	0.71	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	1	J[2]	-42.1	-26.7	3.6	0.60	-0.75	0.66	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	2	I[2]	-42.1	-23.0	36.8	0.60	-0.74	0.66	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	2	J[3]	-25.5	-23.0	29.3	0.60	-0.46	0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	3	I[3]	-25.5	-20.2	29.3	0.60	-0.46	0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	3	J[4]	-12.7	-20.2	21.8	0.60	-0.25	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	4	I[4]	-12.7	-18.2	21.8	0.60	-0.24	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	4	J[5]	-3.7	-18.2	14.3	0.60	-0.09	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	5	I[5]	-3.7	-16.8	14.3	0.60	-0.09	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	5	J[6]	1.6	-16.8	6.8	0.60	0.00	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	6	I[6]	1.6	-16.1	6.8	0.60	0.00	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	6	J[7]	3.1	-16.1	0.7	0.60	0.02	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	7	I[7]	3.1	-16.0	0.7	0.60	0.03	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	7	J[8]	0.9	-16.0	8.2	0.60	-0.01	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	8	I[8]	0.9	-16.4	8.2	0.60	-0.01	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	8	J[9]	-5.1	-16.4	15.7	0.60	-0.11	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	9	I[9]	-5.1	-17.5	15.7	0.60	-0.11	0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	9	J[10]	-14.8	-17.5	23.2	0.60	-0.28	0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	10	I[10]	-14.8	-19.2	23.2	0.60	-0.28	0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	10	J[11]	-28.3	-19.2	30.7	0.60	-0.50	0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	11	I[11]	-28.3	-21.7	30.7	0.60	-0.51	0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	11	J[12]	-45.5	-21.7	38.2	0.60	-0.79	0.72	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	12	I[12]	-45.5	-24.9	6.8	0.60	-0.80	0.72	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	12	J[13]	-49.9	-25.0	13.4	0.60	-0.87	0.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	13	I[14]	28.4	-99.6	38.9	0.55	0.38	-0.74	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	13	J[13]	49.9	-105.4	43.2	0.55	0.80	-1.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	14	I[15]	8.2	-94.1	36.5	0.55	-0.01	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	14	J[14]	28.4	-99.9	40.8	0.55	0.38	-0.74	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	15	I[16]	7.9	-94.8	0.5	0.57	-0.02	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	15	J[15]	8.2	-102.6	1.5	0.57	-0.03	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	16	I[17]	6.3	-89.1	2.5	0.47	-0.02	-0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	16	J[16]	7.9	-94.8	4.0	0.47	0.01	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	17	I[18]	2.0	-84.2	8.0	0.40	-0.14	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	17	J[17]	6.3	-89.1	9.2	0.40	0.01	-0.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	18	I[19]	-0.7	-80.7	5.2	0.35	-0.27	-0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	18	J[18]	2.0	-85.0	5.7	0.35	-0.15	-0.34	-30.71	2.06	OK

NSLE - 6	19	I[20]	-6.1	-77.3	10.5	0.30	-0.66	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	19	J[19]	-0.7	-81.0	10.9	0.30	-0.32	-0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	20	I[21]	-11.9	-74.7	11.6	0.30	-1.04	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	20	J[20]	-6.1	-78.4	11.5	0.30	-0.67	0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	21	I[22]	-16.2	-72.3	9.1	0.30	-1.32	0.84	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	21	J[21]	-11.9	-76.0	8.5	0.30	-1.04	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	22	I[23]	-18.3	-69.5	4.6	0.30	-1.45	0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	22	J[22]	-16.2	-73.1	3.6	0.30	-1.33	0.84	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	23	I[24]	-16.7	-66.1	2.5	0.30	-1.33	0.89	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	23	J[23]	-18.3	-69.6	4.0	0.30	-1.45	0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	24	I[25]	-11.9	-62.1	8.7	0.30	-1.00	0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	24	J[24]	-16.7	-65.3	10.6	0.30	-1.33	0.89	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	25	I[26]	-4.3	-57.5	14.0	0.30	-0.48	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	25	J[25]	-11.9	-60.5	16.3	0.30	-0.99	0.59	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	26	I[27]	5.5	-52.7	18.4	0.30	0.19	-0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	26	J[26]	-4.3	-55.4	21.0	0.30	-0.47	0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	27	I[28]	16.7	-47.7	19.2	0.30	0.96	-1.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	27	J[27]	5.5	-50.0	24.7	0.30	0.20	-0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	28	I[29]	26.7	-43.0	14.1	0.30	1.64	-1.92	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	28	J[28]	16.7	-45.0	24.9	0.30	0.97	-1.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	I[30]	32.5	-39.4	3.1	0.30	2.04	-2.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	J[29]	26.7	-40.9	19.3	0.30	1.64	-1.92	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	I[31]	32.2	-37.5	8.4	0.30	2.02	-2.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	J[30]	32.5	-38.7	7.9	0.30	2.04	-2.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	I[32]	27.3	-37.6	15.0	0.30	1.69	-1.94	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	J[31]	32.2	-38.3	3.7	0.30	2.02	-2.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	I[33]	20.4	-38.9	16.6	0.30	1.23	-1.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	J[32]	27.3	-39.2	10.3	0.30	1.69	-1.95	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	I[34]	13.6	-40.9	15.4	0.30	0.77	-1.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	J[33]	20.4	-40.7	11.7	0.30	1.22	-1.49	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	I[35]	7.5	-43.2	14.0	0.30	0.36	-0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	J[34]	13.6	-42.5	10.3	0.30	0.76	-1.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	I[36]	2.4	-45.7	12.1	0.30	0.01	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	J[35]	7.5	-44.6	8.6	0.30	0.35	-0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	I[37]	-6.8	-48.8	12.4	0.30	-0.61	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	J[36]	-1.4	-47.2	9.0	0.30	-0.25	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	I[38]	-10.7	-51.9	9.5	0.30	-0.89	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	J[37]	-6.8	-50.0	6.3	0.30	-0.62	0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	I[39]	-13.0	-55.1	6.0	0.30	-1.05	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	J[38]	-10.7	-52.7	3.0	0.30	-0.89	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	I[40]	-13.2	-58.1	1.8	0.30	-1.07	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	J[39]	-13.0	-55.4	0.9	0.30	-1.05	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	I[41]	-11.1	-60.8	3.1	0.30	-0.94	0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	J[40]	-13.2	-57.8	5.4	0.30	-1.07	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	I[42]	-7.5	-63.4	6.3	0.30	-0.71	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	J[41]	-11.1	-60.1	8.1	0.30	-0.94	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	I[43]	-3.8	-65.9	6.7	0.30	-0.47	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	J[42]	-7.5	-62.5	8.2	0.30	-0.71	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	I[44]	-0.5	-68.7	5.9	0.30	-0.26	-0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	J[43]	-3.8	-65.1	7.0	0.30	-0.47	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	I[45]	2.1	-71.7	5.0	0.30	-0.10	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	J[44]	-0.5	-68.0	5.6	0.30	-0.26	-0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	I[46]	4.9	-74.7	5.5	0.30	0.08	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	J[45]	2.1	-71.0	5.6	0.30	-0.10	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	I[47]	7.1	-77.9	4.5	0.30	0.21	-0.73	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	J[46]	4.9	-74.2	4.2	0.30	0.08	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	I[48]	7.0	-82.2	0.1	0.35	0.11	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	J[47]	7.1	-77.9	0.4	0.35	0.12	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	I[49]	8.8	-86.9	4.3	0.40	0.11	-0.55	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	J[48]	7.0	-82.0	3.1	0.40	0.06	-0.47	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	I[50]	8.5	-92.6	0.0	0.47	0.03	-0.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	J[49]	8.8	-86.9	1.5	0.47	0.06	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	I[51]	6.9	-100.4	1.9	0.57	-0.05	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	J[50]	8.5	-92.6	3.8	0.57	-0.01	-0.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	51	I[52]	25.3	-99.1	37.3	0.55	0.32	-0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	51	J[51]	6.9	-93.4	33.0	0.55	-0.03	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	52	I[1]	45.1	-104.7	39.9	0.55	0.70	-1.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	52	J[52]	25.3	-98.9	35.6	0.55	0.32	-0.68	-30.71	2.06	OK

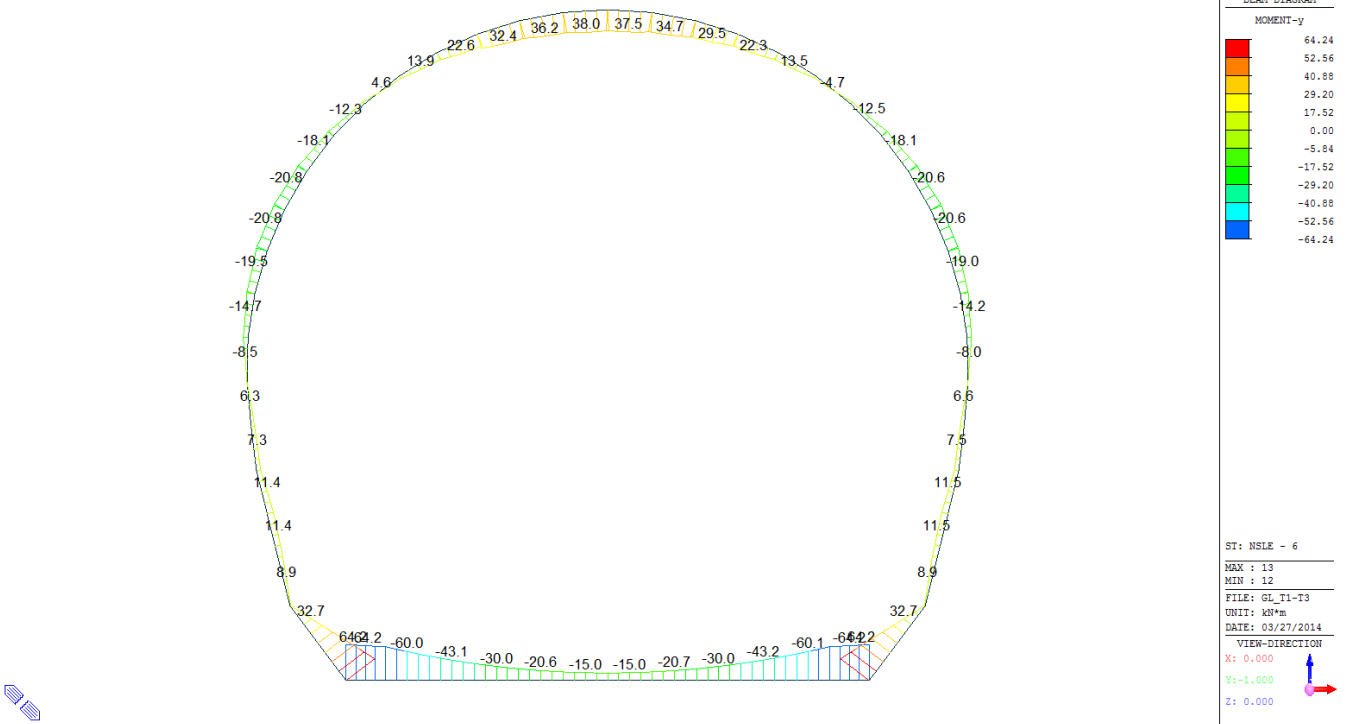
$\sigma_{c, \max}$	-2.30
$\sigma_{t, \max}$	2.04

A.5.4.22. Load combination SLE 6 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_NSLE - 6



Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_NSLE - 6



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	F <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctk0.05</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	E <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
γ <sub>c</sub>	1.00	α <sub>cc</sub>	1.00	α <sub>ct</sub>	1.00	φ	0.80
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	E <sub>g</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 6	1	I[1]	-64.2	-64.7	12.9	0.60	-1.18	0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	1	J[2]	-60.0	-64.7	6.3	0.60	-1.11	0.89	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	2	I[2]	-60.0	-56.0	37.5	0.60	-1.09	0.91	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	2	J[3]	-43.1	-56.0	30.0	0.60	-0.81	0.63	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	3	I[3]	-43.1	-49.5	30.0	0.60	-0.80	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	3	J[4]	-30.0	-49.5	22.5	0.60	-0.58	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	4	I[4]	-30.0	-44.8	22.5	0.60	-0.57	0.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	4	J[5]	-20.6	-44.8	15.0	0.60	-0.42	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	5	I[5]	-20.6	-41.7	15.0	0.60	-0.41	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	5	J[6]	-15.0	-41.7	7.5	0.60	-0.32	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	6	I[6]	-15.0	-40.2	7.5	0.60	-0.32	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	6	J[7]	-13.2	-40.2	0.0	0.60	-0.29	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	7	I[7]	-13.2	-40.3	0.0	0.60	-0.29	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	7	J[8]	-15.0	-40.3	7.5	0.60	-0.32	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	8	I[8]	-15.0	-41.8	7.5	0.60	-0.32	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	8	J[9]	-20.7	-41.8	15.0	0.60	-0.41	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	9	I[9]	-20.7	-44.9	15.0	0.60	-0.42	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	9	J[10]	-30.1	-44.9	22.5	0.60	-0.58	0.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	10	I[10]	-30.1	-49.6	22.5	0.60	-0.58	0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	10	J[11]	-43.2	-49.6	30.0	0.60	-0.80	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	11	I[11]	-43.2	-56.2	30.0	0.60	-0.81	0.63	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	11	J[12]	-60.1	-56.2	37.5	0.60	-1.09	0.91	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	12	I[12]	-60.1	-64.9	6.2	0.60	-1.11	0.89	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	12	J[13]	-64.2	-65.0	12.8	0.60	-1.18	0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	13	I[14]	32.7	-202.3	58.4	0.55	0.28	-1.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	13	J[13]	64.2	-208.0	62.0	0.55	0.90	-1.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	14	I[15]	1.1	-196.8	59.3	0.55	-0.34	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	14	J[14]	32.7	-202.6	61.5	0.55	0.28	-1.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	15	I[16]	8.9	-199.4	13.1	0.57	-0.18	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	15	J[15]	1.1	-207.2	14.5	0.57	-0.34	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	16	I[17]	11.5	-193.7	3.8	0.47	-0.10	-0.72	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	16	J[16]	8.9	-199.4	6.4	0.47	-0.18	-0.67	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	17	I[18]	7.5	-188.8	10.0	0.40	-0.19	-0.75	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	17	J[17]	11.5	-193.7	6.2	0.40	-0.05	-0.92	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	18	I[19]	6.6	-185.0	4.5	0.35	-0.20	-0.85	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	18	J[18]	7.5	-189.4	0.9	0.35	-0.17	-0.91	-30.71	2.06	OK

NSLE - 6	19	I[20]	-0.1	-181.6	16.9	0.30	-0.61	-0.60	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	19	J[19]	6.6	-185.3	10.4	0.30	-0.18	-1.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	20	I[21]	-8.0	-179.3	20.0	0.30	-1.13	-0.06	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	20	J[20]	-0.1	-183.1	11.9	0.30	-0.62	-0.60	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	21	I[22]	-14.2	-177.5	17.2	0.30	-1.54	0.36	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	21	J[21]	-8.0	-181.2	7.6	0.30	-1.14	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	22	I[23]	-19.0	-175.3	15.3	0.30	-1.85	0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	22	J[22]	-14.2	-178.9	4.2	0.30	-1.54	0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	23	I[24]	-20.6	-172.6	9.4	0.30	-1.95	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	23	J[23]	-19.0	-176.0	3.0	0.30	-1.86	0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	24	I[25]	-18.1	-169.2	2.0	0.30	-1.77	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	24	J[24]	-20.6	-172.4	11.8	0.30	-1.95	0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	25	I[26]	-12.5	-165.1	3.5	0.30	-1.38	0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	25	J[25]	-18.1	-168.1	18.8	0.30	-1.77	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	26	I[27]	-4.7	-160.8	7.2	0.30	-0.85	-0.22	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	26	J[26]	-12.5	-163.5	23.8	0.30	-1.38	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	27	I[28]	4.3	-156.3	9.0	0.30	-0.24	-0.81	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	27	J[27]	-4.7	-158.7	26.9	0.30	-0.84	-0.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	28	I[29]	13.6	-152.1	8.9	0.30	0.40	-1.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	28	J[28]	4.3	-154.0	28.1	0.30	-0.23	-0.80	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	I[30]	22.3	-148.3	7.1	0.30	0.99	-1.98	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	J[29]	13.6	-149.8	27.5	0.30	0.40	-1.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	I[31]	29.5	-145.1	3.7	0.30	1.49	-2.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	J[30]	22.3	-146.3	25.3	0.30	1.00	-1.97	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	I[32]	34.7	-142.9	1.1	0.30	1.84	-2.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	J[31]	29.5	-143.6	21.5	0.30	1.49	-2.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	I[33]	37.0	-141.7	7.3	0.30	1.99	-2.94	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	J[32]	34.7	-141.9	16.4	0.30	1.84	-2.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	I[34]	36.1	-141.8	13.6	0.30	1.93	-2.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	J[33]	37.0	-141.5	10.2	0.30	1.99	-2.94	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	I[35]	32.4	-143.0	18.7	0.30	1.68	-2.63	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	J[34]	36.1	-142.4	3.9	0.30	1.93	-2.88	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	I[36]	26.4	-145.4	22.6	0.30	1.28	-2.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	J[35]	32.4	-144.3	1.0	0.30	1.68	-2.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	I[37]	13.9	-149.0	27.5	0.30	0.43	-1.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	J[36]	22.6	-147.5	7.1	0.30	1.02	-2.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	I[38]	4.6	-153.3	28.2	0.30	-0.20	-0.82	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	J[37]	13.9	-151.3	9.0	0.30	0.42	-1.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	I[39]	-4.5	-157.9	27.0	0.30	-0.83	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	J[38]	4.6	-155.6	9.1	0.30	-0.21	-0.83	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	I[40]	-12.3	-162.7	24.0	0.30	-1.36	0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	J[39]	-4.5	-160.0	7.4	0.30	-0.83	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	I[41]	-18.1	-167.4	19.1	0.30	-1.76	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	J[40]	-12.3	-164.5	3.9	0.30	-1.37	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	I[42]	-20.8	-171.8	12.3	0.30	-1.96	0.81	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	J[41]	-18.1	-168.5	1.6	0.30	-1.77	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	I[43]	-19.5	-175.4	3.5	0.30	-1.88	0.71	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	J[42]	-20.8	-172.0	8.9	0.30	-1.96	0.81	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	I[44]	-14.7	-178.3	4.1	0.30	-1.58	0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	J[43]	-19.5	-174.7	15.1	0.30	-1.88	0.72	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	I[45]	-8.5	-180.7	7.7	0.30	-1.17	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	J[44]	-14.7	-177.0	17.3	0.30	-1.57	0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	I[46]	-0.5	-182.5	12.1	0.30	-0.64	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	J[45]	-8.5	-178.8	20.1	0.30	-1.16	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	I[47]	6.3	-184.7	10.6	0.30	-0.19	-1.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	J[46]	-0.5	-181.0	17.0	0.30	-0.64	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	I[48]	7.3	-188.8	0.7	0.35	-0.18	-0.90	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	J[47]	6.3	-184.5	4.7	0.35	-0.22	-0.84	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	I[49]	11.4	-193.1	6.4	0.40	-0.06	-0.91	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	J[48]	7.3	-188.2	10.2	0.40	-0.20	-0.74	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	I[50]	8.9	-198.8	6.2	0.47	-0.18	-0.66	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	J[49]	11.4	-193.1	3.6	0.47	-0.10	-0.72	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	I[51]	1.2	-206.6	14.4	0.57	-0.34	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	J[50]	8.9	-198.8	12.9	0.57	-0.18	-0.51	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	51	I[52]	32.7	-202.0	61.5	0.55	0.28	-1.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	51	J[51]	1.2	-196.2	59.2	0.55	-0.33	-0.38	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	52	I[1]	64.2	-207.4	61.9	0.55	0.90	-1.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	52	J[52]	32.7	-201.6	58.4	0.55	0.28	-1.02	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, \max}$	-2.94
$\sigma_{t, \max}$	1.99