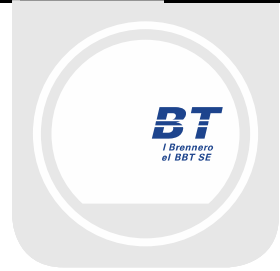




Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

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

**D0700: Baulos Mauls 2-3**

**D0700: Lotto Mules 2-3**

**Projekteinheit**

Haupttunnel

**WBS**

Gallerie principali

**Dokumentenart**

Statische Berechnung

**Tipo Documento**

Calcolo statico

**Titel**

Statische Berechnung GL-T2/T3

**Titolo**

Relazione di calcolo GL-T2/T3



Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P  
c/o Pro.Rer S.r.l., Via G.B. Sommariva 5, 20125 Milano, Tel: +39 026779711, Fax: +39 0267152612

Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche  
Ing. Enrico Maria Pizzarotti  
Ord. Ingg. Milano N° A 29470

Mandataria



Mandante



Mandante



Mandante



Fachplaner / il progettista specialista  
Ing. Davide Merlini  
Ord. Ingg. Como N° 2354 A

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

A. Battaglia / M. Falanesca

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Name / Nome  
R. Zurlo

Name / Nome  
K. Bergmeister

Projekt-kilometer /  
Chilometro  
progetto

von / da 32.0+88  
bis / a 54.0+15  
bei / al

Projekt-kilometer /  
Chilometro  
opera

von / da 44.3+52  
bis / a 46.7+69  
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

070

KST

D0700

22904

21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
00	Erstversion / Prima Versione	A.Battaglia / M. Falanesca	22.05.2014
10	Endabgabe / Consegna definitiva	A.Battaglia / M. Falanesca	31.07.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	A.Battaglia / M. Falanesca	09.10.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	A.Battaglia / M. Falanesca	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	A.Battaglia	30.01.2015

1	<b>EINFÜHRUNG</b>	
1	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
2	<b>MATERIALKENNWERTE</b>	
2	<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.....	8
3	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
3	<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
4	<b>GEBIRGSVERHALTEN</b>	
4	<b>COMPORAMENTO DELLA ROCCIA</b> .....	<b>12</b>
4.1	ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
4.1	VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA .....	12
5	<b>AUßENSCHALE</b>	
5	<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 Ausbruchquerschnitte	
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.....	19
5.2.5	Nachweisverfahren	
5.2.5	Procedura di verifica.....	20

5.2.6	Ergebnisse	
5.2.6	Risultati.....	20
5.3	ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST	
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
6	<b>INNENSCHALE</b>	
6	<b>RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>	<b>22</b>
6.1	STABWERKSMODELLE	
6.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE .....	22
6.2	INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND	
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	EINWIRKUNGEN	
6.3	ANALISI DEI CARICHI .....	24
6.3.1	Eigengewicht G1	
6.3.1	Peso proprio G1 .....	24
6.3.2	Kettenwerk G2	
6.3.2	Catenaria G2 .....	24
6.3.3	Auffüllung mit Beton oberhalb des Sohlgewölbes G3	
6.3.3	Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3 .....	25
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	Druck / Sog infolge Zugfahrt A1	
6.3.9	Pressione aerodinamica A1.....	27
6.3.10	Aufpralllast 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	NACHWEISVERFAHREN	
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 Widerstand	
6.5.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	29
6.5.1.5	Bemessung auf Biegung und Längskraft	
6.5.1.5	Verifica a pressoflessione.....	29
6.5.1.6	Bemessung Querkraft	
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	Ermittlung 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 Mindestdeckungen	
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.....	35
7.3	ANLAGENVERZEICHNIS	
7.3	ELENCO APPENDICI .....	35
7.4	REFERENZDOKUMENTE	
7.4	BIBLIOGRAFIA E FONTI .....	35
7.4.1	Eingangsdokumente	
7.4.1	Documenti in ingresso.....	35
7.4.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Mauis 2-3	
7.4.1.1	Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3.....	35
7.4.1.2	Technische Projektaufbereitung	
7.4.1.2	Elaborazione tecnica del progetto .....	36
7.4.1.3	Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Mauis 1	
7.4.1.3	Progetto Esecutivo Estensione Lotto Mules 1 .....	36

7.4.2	Normen und Richtlinien	
7.4.2	Normativa .....	36
7.4.3	Literatur	
7.4.3	Letteratura .....	37
<b>ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN</b>		
<b>APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE .....</b>		<b>38</b>
<b>ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN</b>		
<b>APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE .....</b>		<b>45</b>
<b>ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE</b>		
<b>APPENDICE 3 - ANALISI DEI BLOCCHI.....</b>		<b>49</b>
<b>ANHANG 4 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE.....</b>		<b>56</b>
<b>ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 5 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>		<b>62</b>
<b>ANHANG 6 - FEM-ANALYSE DES INNENAUSBAUS: VERBINDUNG CT MIT GL</b>		
<b>APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO:INNESTO CT-IN-GL.....</b>		<b>166</b>
1	<b>EINFÜHRUNG</b>	
1	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>167</b>
3	<b>AUßENSCHALE</b>	
3	<b>RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE.....</b>	<b>167</b>
4	<b>INNENAUSBAU</b>	
4	<b>RIVESTIMENTI DEFINITIVI .....</b>	<b>169</b>
4.1	<b>BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS</b>	
4.1	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE .....</b>	<b>169</b>
4.2	<b>NACHWEIS DES AUSBAUS</b>	
4.2	<b>VERIFICA DEI RIVESTIMENTI.....</b>	<b>173</b>
4.2.1	Nachweis Ausbau GL	
4.2.1	Verifica rivestimenti GL.....	173
4.2.1.1	Nachweise GZT	
4.2.1.1	Verifiche SLU .....	173
4.2.1.2	Nachweise GZG	
4.2.2	Nachweis CT-IN	
4.2.2	Verifica rivestimenti CT-IN.....	176
4.2.2.1	Nachweise GZT	
4.2.2.1	Verifiche SLU .....	176
4.2.2.2	Nachweis GZG	
4.2.2.2	Verifiche SLE.....	179
4.3	<b>NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND</b>	
4.3	<b>VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO .....</b>	<b>182</b>
4.3.1	Nachweis des Ausbaus GL	
4.3.1	Verifica rivestimenti GL.....	182
4.3.2	Nachweis des Ausbaus CT-IN	
4.3.2	Verifica rivestimenti CT-IN.....	182

## 1 EINFÜHRUNG

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Erläuterung zur Bemessung der Außen- und Innenschalen der Haupttunnel, die zwischen Kilometrierung km 46.7+61.0 und km 45.0+25.0 (Oströhre) und zwischen Kilometrierung km 46.7+98.2 und km 44.9+87.2 (Weströhre) konventionell vorgetrieben werden (GL-T). Wie in der Abb. 1 angegeben, entwickeln sich die GL-T hauptsächlich im Bereich der Paragneise (geomechanische Zone 15 [2]) und der Amphibolite (geomechanische Zone 14 [2]) sowie entlang eines kurzen Abschnittes innerhalb des Bündnerschieferkomplexes (geomechanische Zone 11/13 [2]) sowie in der tektonische Mischzone der Maulsertalstörung (Zone 19bis) mit einer Überdeckung, die von 640 m bis 1200 m reicht.

Der Ausbruchsquerschnitt in Ausbruchsklasse II (für die Gebirge aus Abschnitt 4.1), GL-T2 genannt, weist eine Ausbruchsquerschnittsfläche von  $65.69 \text{ m}^2$ , und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm16, 3 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

Der Ausbruchsquerschnitt in Klasse III (für die Gebirge aus Abschnitt 4.1), GL-T3 genannt, hat eine Ausbruchsquerschnittsfläche von  $65.69 \text{ m}^2$ , und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm24, 4.5 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

## 1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi della galleria di linea (GL) binario 1 e 2, realizzata mediante avanzamento in scavo tradizionale tra le progr. 46.7+61.0 e 45.0+25.0 (Canna Est) e tra le progr. 46.7+98.2 e 44.9+87.2 (Canna Ovest). Facendo riferimento alla Figura 1, le GL si sviluppano in prevalenza nel complesso degli Paragneiss (zona geomeccanica 15 [2]) e nel complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [2]) e in una breve tratta nel complesso dei calcescisti (zone geomeccaniche 11 e 13 [2]) e nella zona tettonica mista della faglia di Val di Mules (zona 19bis [2]) con coperture variabili da 640 m a 1200 m.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe II (per gli ammassi riportati al Par. 4.1), è denominata GL-T2, avente sezione di scavo  $65.69 \text{ m}^2$ , e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm16, lunghezza 3 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe III (per gli ammassi riportati al Par. 4.1), è denominata GL-T3, avente sezione di scavo  $65.69 \text{ m}^2$ , e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm24, lunghezza 4.5 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

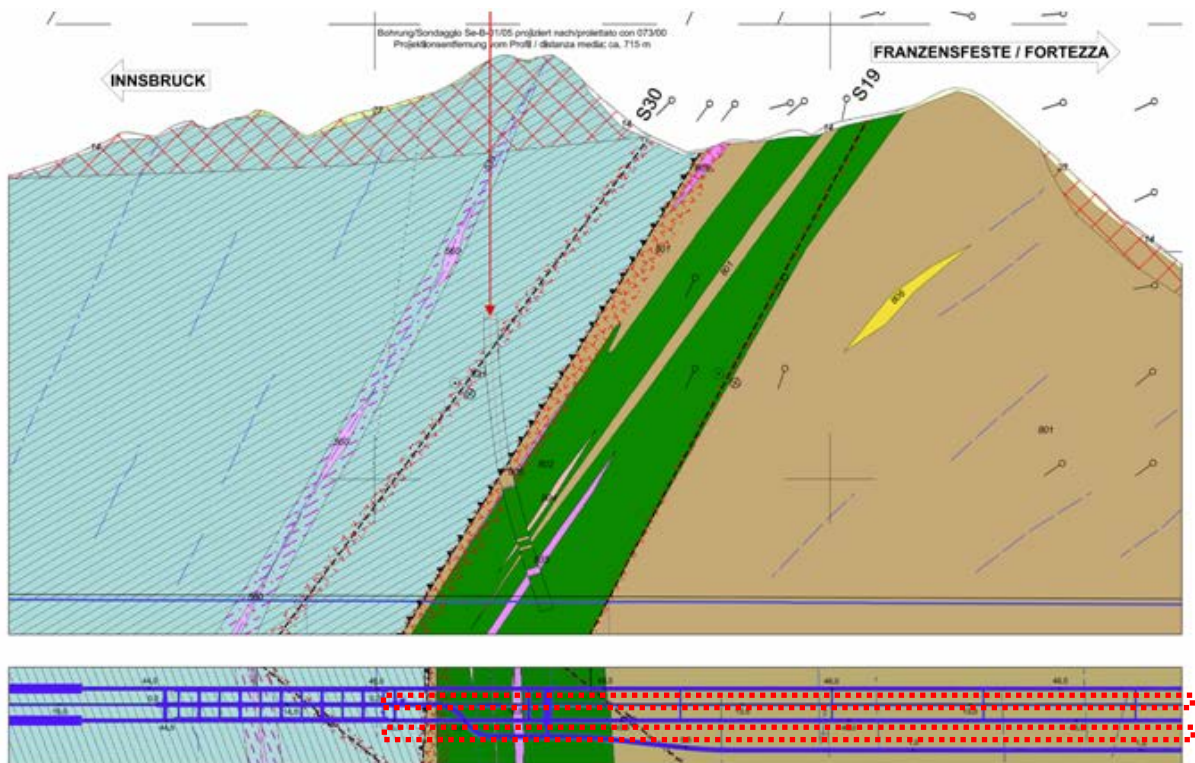


Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des geologischen Lageplans [2] mit Angabe des

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [2] con indicazione dell'area di studio.

Untersuchungsgebietes.

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 Typprofile GL T4-T6 ist im Bericht D0700-22905 "Statische Berechnung GL-T4/T6 " angegeben.

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 profili tipo GL T4-T6 è riportato nel Rapporto D0700-22905 " Relazione di calcolo GL-T4/T6 ".

## 2 MATERIALKENNWERTE

### 2.1 SPRITZBETON

Für die Bemessung der Spritzbetonaußenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

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

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

Hierbei sind:

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

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 ANKER

Es wird der Einsatz von Anker des Typs Superswellex Pm 16 (GL-T2) und Superswellex Pm24 (GL-T3) vorgesehen, mit folgenden Eigenschaften:

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

$$N_{yk} = 140 \text{ kN (Pm16)}$$

$$N_{yk} = 200 \text{ kN (Pm24)}$$

Wobei:

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

Dove:

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

### 2.3 BETON

Für die Bemessung der Innenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

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

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

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul
- $f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit des Betons

Dove:

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

## 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:

### 2.2 ANCORAGGI

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo Superswellex Pm 16 (GL-T2) e Superswellex Pm24 (GL-T3) aventi le seguenti caratteristiche:

### 2.3 CALCESTRUZZO

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

nach 28 Tagen

calcestruzzo dopo 28 giorni

#### 2.4 BEWEHRUNGSSTAHL

#### 2.4 ACCIAIO DA ARMATURA

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

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

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

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

Hierbei ist:

dove:

- $E_s$  = Sekantenmodul
- $f_{yk}$  = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

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

### 3 GEOTECHNISCHES MODELL

#### 3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Die Haupttunnel zwischen Kilometrierung km 46.7+61.0 und km 45.0+25.0 (Oströhre) und zwischen Kilometrierung km 46.7+98.2 und km 44.9+87.2 (Weströhre) werden konventionell vorgetrieben und befinden sich hauptsächlich innerhalb des Bereichs der Paragneise (geomechanische Zone 15 [2]) und der Amphibolite (geomechanische Zone 14 [2]) sowie entlang eines kurzen Abschnittes innerhalb der Bündner Schiefer (geomechanische Zone 13 [2]) sowie in der tektonische Mischzone der Maulsertalstörung (Zone 19bis) mit einer Überdeckung, die von 640 m bis 1200 m reicht.

In Folge werden die Daten der, laut dem Dokumente [2], vom Aushub 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]
11	43.8	44.6	335	1060	905	GA-BST-KS-8f	100%	335
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	46.7	1203	1135	700	GA-BCA-GS-10g	90%	1082.7
						GA-BCA-A-10g	10%	120.3
19bis	46.7	47.26	552	700	450	FVM-S-PS	85%	413.1
						FVM-S-B	15%	72.9

Tabelle 1 Geomechanische Homogenbereiche

Folgende Tabellen zeigen die geomechanischen Grundparameter für die Definition der geomechanischen homogenen Zonen und die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Bieniawskis [2] der unterschiedlichen Klassen.

Wobei:

- $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Gebirges
- $\sigma_{ci}$  = einaxiale 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 [23] berechnet, welches im allgemeinen geomechanischen Bericht [1] näher beschrieben wird.

### 3 MODELLO GEOTECNICO

#### 3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

Le gallerie di linea tra le progr. 46.7+61.0 e 45.0+25.0 (Canna Est) e tra le progr. 46.7+98.2 e 44.9+87.2 (Canna Ovest) sono scavate in tradizionale e si sviluppano in prevalenza nel complesso degli Paragneiss (zona geomeccanica 15 [2]) e nel complesso delle Anfiboliti (zona geomeccanica 14 [2]) e in una breve tratta nel complesso dei calcescisti (zona geomeccanica 13 [2]) e nella zona tettonica mista della faglia di Val di Mules (zona 19bis) con coperture variabili da 640 m a 1200 m.

Nel seguito si riportano i dati delle tratte omogenee interessate dallo scavo secondo il documento [2].

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee

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 [2].

Dove:

- $\gamma$  è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- $\sigma_{ci}$  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 [23] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

Zone number	11	13	14		15		19BIS	
Rock mass name	GA-BST-KS-8f	GA-BST-KS-8f	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g	FVM-S-PS	FVM-S-B
$\gamma$ (m) [kN/m <sup>3</sup> ]	26,6	26,6	27,3	27,8	27,3	27,8	27	27
$\nu$ (m) [kN/m <sup>3</sup> ]	0,36	0,36	1,49	0,52	1,49	0,52		
$\sigma_{ci}$ (m) [MPa]	41	41	75	140	75	140	5	25
$\sigma_{ci}$ (m) [MPa]	18	18	5	48	5	48		
$m_i$ (m)	12	12	17	20	17	20	20	23
$m_i$ (m)	2	2	3	6	3	6		
$E_i$ (m) [GPa]	43	43	56	53	56	53	30	25
$E_i$ (m) [GPa]	11,1	11,1	10,9	8	10,9	8		
RMR (m)	60	60	60	70	60	70	51	42
RMR (m)	5	5	5	5	5	5		
GSI (m)	50	50	50	65	50	65	52	42
GSI (m)	5	5	5	10	5	10		

Zone number	11	13	14		15		19BIS	
Rock mass name	GA-BST-KS-8f (**)	GA-BST-KS-8f (**)	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g	GA-BCA-GS-10g	GA-BCA-A-10g	FVM-S-PS	FVM-S-B
p(class I)	-	-	-	-	-	-	-	-
p(class II)	-	-	-	100%	-	100%	-	-
p(class III)	100%	100%	100%	-	100%	-	-	-
p(class IV)	-	-	-	-	-	-	100%	100%
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 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).

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]	$\Psi$ [°]
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	26.6	28.07	21.47	2.127	1.349	11135	3.51
13	GA-BST-KS-8f	III	1115	26.6	27.69	21.15	2.193	1.392	11504	3.46
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
19bis	FVM-S-PS	IV	700	27.0	24.31	18.37	0.893	0.572	10374	3.34
	FVM-S-B	IV		27.0	34.87	29.52	1.481	1.060	4574	4.36

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

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

Wobei:

- $\Phi_{peak}$  Reibungswinkel am Peak
- $\Phi_{res}$  Restreibungswinkel
- $c_{peak}$  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 aus der Regelplanung [6] und [7] wurden die Diskontinuitäten aus Tabelle 4 berücksichtigt.

### 3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [6] e [7] 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 die folgenden Scherparameter auf Trennflächen 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 spannungsdominiertem 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 Bruchkörperanalysen.

Zur Einschätzung des Gebirgsverhaltens und zur Unterscheidung der beiden Gebirgsverhalten ist das Kennlinienverfahren anzuwenden.

### 4.1 ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

Zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens wurden die Dokumente [2] [6] und [7] berücksichtigt. Für weitere Details verweist man auf den Bericht [2]. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt.

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	$c_r$	$c_a$	$c_r$	$F_{plf}$	$F_{pl}$	$c_f/R$	$F_{plf}/R$	$c_r/R$	$F_{pl}/R$
				[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[%]	[-]	[%]	[-]
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	6.06	20.20	14.14	6.12	13.95	1.25%	1.26	2.91%	2.87
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	0.58	1.92	1.35	0.00	2.85	0.12%	0.00	0.28%	0.59
	GA-BCA-A-10g	II		0.30	1.02	0.71	0.00	1.40	0.06%	0.00	0.15%	0.29
19bis	FVM-S-PS	IV	700	19.35	64.51	45.15	18.99	37.01	3.98%	3.91	9.29%	7.61
	FVM-S-B	IV		3.40	11.35	7.94	1.72	5.96	0.70%	0.35	1.63%	1.23

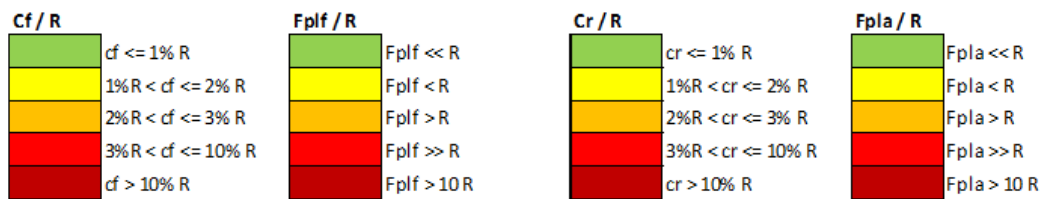


Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren.  $c_r$  = Ortsbrustkonvergenz,  $c_a$  = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $c_r$  = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $F_{plf}$  = plastische Zone an der Ortsbrust,  $F_{pl}$  = plastische Zone Gleichgewicht,  $R$  = Ausbruchradius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

In ist ein Annahmekriterium Tabelle 6 [21] [22] 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], [6] e [7]. Rimandando al Rapporto [2] per maggiori dettagli, si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti dalle 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,  $F_{pl}$  = fascia plastica all'equilibrio naturale,  $R$  = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).

In Tabella 6 si riporta un criterio [21] [22] 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 Neigung der Ortsbrust zur Instabilität	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 [21] [22];  $c_f$  = Ortsbrustkonvergenz;  $F_{pl f}$  = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust;  $R_{scavo}$  =  $r_{eq}$  = äquivalenter Ausbruchradius

Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [21] [22];  $c_f$  = convergenza al fronte;  $F_{pl f}$  = estensione della fascia plastica al fronte;  $R_{scavo}$  =  $r_{eq}$  = raggio equivalente di scavo.

Die Tabelle 7 fasst die Hinweise zusammen, die durch die Methoden von Jehtwa, Bhasin, Hoek und Panet zur Überprüfung des Risikos von hohen Verformungen des Gebirges (*squeezing*) und von Instabilität an der Ortsbrust erhalten wurden, sowie die Hinweise zu möglichem Sprödbbruch (*rock burst*) durch die Methoden von Tao Zhen-Yu und Hoek.

All'interno della Tabella 7 sono riassunte le indicazioni ottenute dai metodi di Jehtwa, Bhasin, Hoek e Panet per quanto riguarda la valutazione del rischio di elevate deformazioni dell'ammasso (*squeezing*) e di instabilità del fronte, insieme a quelle ottenute dai metodi di Tao Zhen-Yu e Hoek per il rischio di rottura fragile (*rock burst*).

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	Squeezing and face stability					Rock burst	
				Jehtwa	Bhasin	Hoek	Panet		Tao Zhen-Yu	Hoek
							Face behaviour	Face condition		
11	GA-BST-KS-8f	III	1060	HS	HS	SS	P	US		
13	GA-BST-KS-8f	III	1115	HS	HS	VSS	P	US		
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	MIS	MIS	FP	PP	STS	MRB	SSp
	GA-BCA-GS-10g	III		MoS	MIS	FP	PP	STS		
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	MoS	MIS	FP	PP	STS		
	GA-BCA-A-10g	II		MIS	MIS	FP	PP	STS	MRB	SSp
19bis	FVM-S-PS	IV	510	HS	HS	ES	P	US		
	FVM-S-B	IV		HS	HS	ES	P	US		

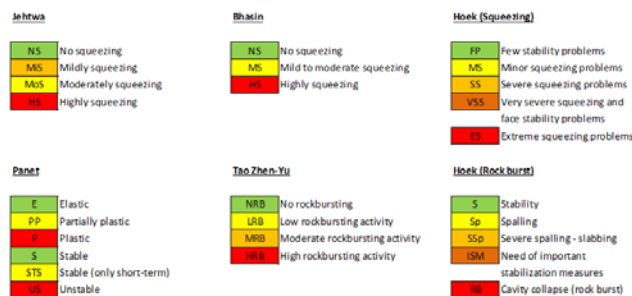


Tabelle 7: Ergebnisse der empirischen Methoden.

Tabella 7: Risultati dei metodi empirici.

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 Hohlrums ist im Wesentlichen von elastischer Art mit einer plastischen Zone, die 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 [6] 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 [6].

## 5 AUßENSCHALE

Aus der Analyse 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 Innenschale (Kapitel 6), wurden zwei unterschiedliche Berechnungsarten angewandt, um zu unterscheiden, ob die Last, die aus der Loslösung eines Felsblocks (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 Innenschale zu berücksichtigende Last ergibt sich aus der Größe der Felsblöcke. Eine beispielhafte Ableitung der im Modell des gebetteten Stabmodells anzusetzende Last ist nachfolgend dargestellt.

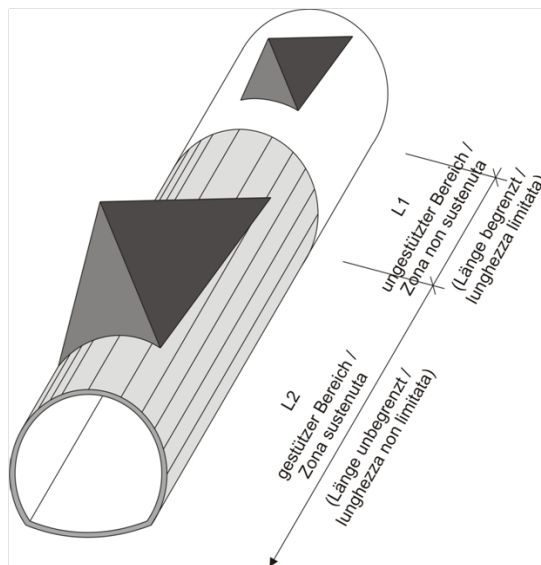


Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

#### 5.1.2 Nachweisverfahren

Gemäß NTC 2008 ist das Teilsicherheitskonzept zu berücksichtigen. Demnach sind die Einwirkungen mit dem Faktor  $\gamma_G = 1,30$  zu erhöhen und die Widerstände mit  $\gamma_c = 1,50$  bzw.  $\gamma_s = 1,15$  zu reduzieren.

## 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.

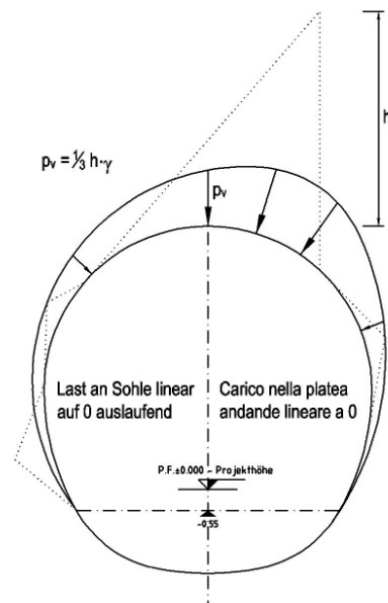


Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato

#### 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  $\gamma_s = 1,15$ .

Für die Berechnung werden die charakteristischen Werte  $c'$  und  $\phi'$  verwendet, die im Absatz 3.2.1 angeführt sind.

Für den Nachweis mittels Bruchkörperanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

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

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 untersucht. 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 Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  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 Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  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 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

### 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 Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  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 Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  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.  $1.56 \text{ m}^2$  ( $P_v \approx 30.6$  kPa) analogo al Rapporto D0700-22907 "Relazione di calcolo rivestimenti FdE-GL (T2-T3)".

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 (T2-T3)“ durchgeführt.

## 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 [31] durchgeführt. Dieses erlaubt es, die Lastentwicklung und das spannungs-verformende Verhalten des Gebirges während der einzelnen Bauphasen zu verfolgen.

Die Modellierung erfolgen 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 Ausbruchquerschnitte

Für die Bemessung des Ausbruchquerschnitts GL-T3 wurde der Querschnitt mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke ( $H=1200$ m) berücksichtigt. Es wird ausgeschlossen, dass die beiden Tunnelvortriebe der Haupttröhren sich bei einem Achsabstand von 70 m gegenseitig negativ beeinflussen. Aus diesem Grund wird die Geometrie aus Abbildung 3 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 sind. 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 50x50 cm. Die gewählten Auflagebedingungen verhindern eine Verschiebung in beide Richtungen am unteren

## 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 [31]. 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 3.

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 200 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.

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.

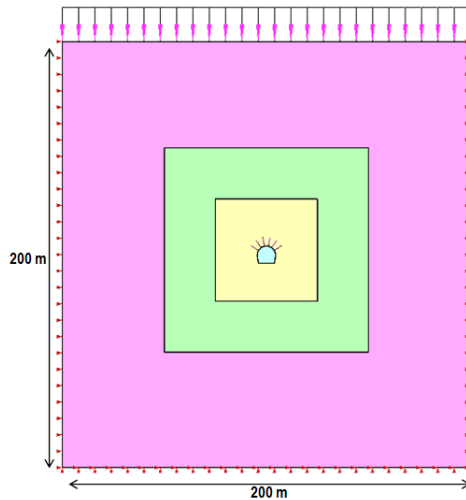


Abbildung 3: Analyseabschnitt GL-T3

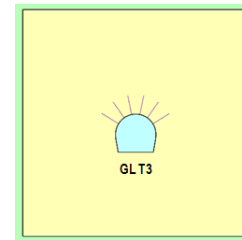


Figura 3: sezione di analisi GL-T3

### 5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge wurde als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [23] und Restparameter, die gemäß der Cai et. al [30] Theorie bewertet werden. Im Besonderen wurden die elastischen (Verformungsmodul und Poisson-Beiwert), elastisch-plastischen ( $m_b$ ,  $s$  mit Peak- und Restwerte) und physischen (Dichte und einachsiger Komprimierungswiderstand) Eigenschaften der vom Aushub betroffenen Felsen bestimmt.

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

Zone max overburden [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	72.5	15.60	15.5	2.599	1.087	0.0039	0.0003

Tabelle 8: Berücksichtigte geomechanische Parameter

Die Auflagebedingungen am Modellumriss sehen behinderte Verschiebungen in beiden Richtungen längs der unteren Grenze sowie behinderte Verschiebungen in horizontaler Richtungen längs der senkrechten Grenze vor. Auf der Obergrenze ist ein Druck angewendet worden, der dem vor Ort vorhandenen Erdreichgewicht bis zur Quote der Geländeoberkante entspricht. Die Kraftlage vor Ort wurde gemäß folgenden Verhältnissen ausgewertet:

### 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 [23] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [30] e riportata nel Rapporto [1]. 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 8: Parametri geomeccanici considerati

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

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

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

Wobei:

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

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 Eigenschaften der Sicherheitsmaßnahmen für das Profil GL-T3 auf:

	Anker Chiodature						Spritzbeton Betoncino proiettato		
	Typ Tipo	$N_y$ [kN]	L [m]	$i_{\text{längs/long}}$ [m]	$i_{\text{quer/transv}}$ [m]	$n^\circ$ [-]	Klasse Classe [-]	$s_{\text{nom}}$ [cm]	$s_{\text{min}}$ [cm]
<b>GL-T3</b>	Pm24	200	4.5	1.5	1.8	5+6	C30/37	15	9

Tabelle 9: Charakteristiken der Außenschale GL-T3

### 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:

Die Anker werden ins Modell eingefügt und zwar mit einem Grenzwiderstand, der ihrer Ermüdungsfestigkeit entspricht, die um den Widerstandsbeiwert ( $\gamma_R = 1.15$ ) und der Reibung ( $\gamma_R = 1.3$ ) faktorisiert wird, so wie mit BBT SE abgesprochen.

Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 4) und Von Mises Bruchkriterium ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$  kN). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei Vorsichtswerte des Querwiderstands (100 kN/m) und der tangentialen Steifigkeit (10 MN/m/m) [29] berücksichtigt werden.

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

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

Gli ancoraggi sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 4) 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) [29].

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).

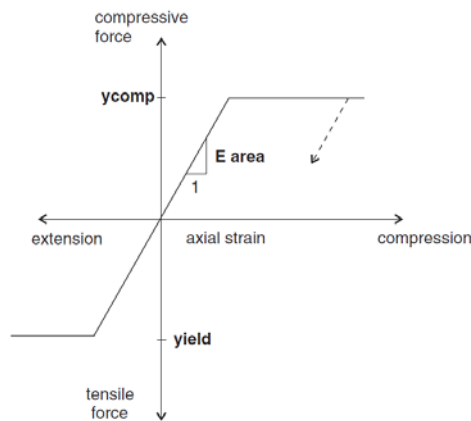


Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi

#### 5.2.4 Laststufe

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

#### 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).

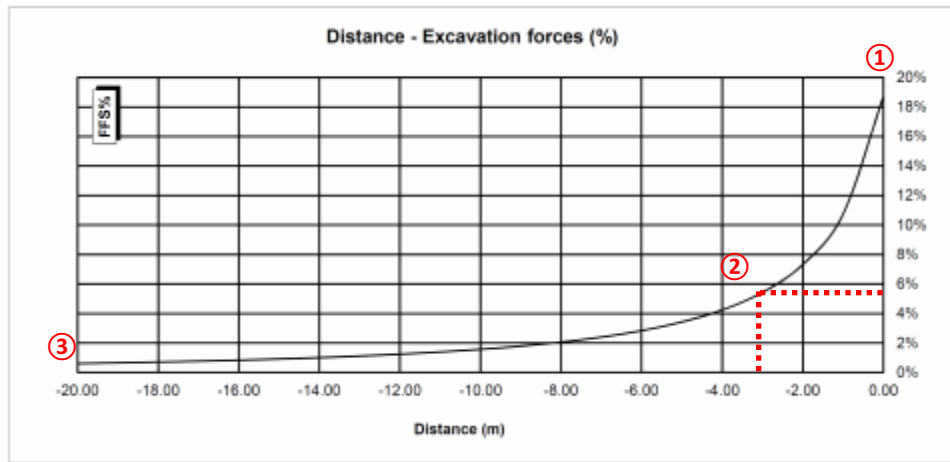


Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker

Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

- 0) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Randbedingungen, der Stratigraphie und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 1) Annullierung der Zonen innerhalb der Aushebung und Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie an der Ortsbrust einnehmen (FFS =18%);
- 2) Reduktion der FFS bis zum Wert, den sie bei der Einsetzung der Außenschale einnehmen (3.0 m von der Ortsbrust) (FFS =6%);
- 3) Einführung des numerischen Außenstützenmodells und Annullierung der FFS (FFS =0%);
- 4) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit der Einsetzung der Innenschale. Diese ist mit der Mesh mittels eines Schnittstellenelements verbunden, mit normaler Steifigkeit, die dem Gebirge entspricht, und tangentialer Steifigkeit gleich Null. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht es, die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die tangentialen Spannungen annulliert, sowie die Drucke zu schätzen, die auf der Innenschale wirken.

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo:

- 0) Condizione geostatica iniziale con definizione della geometria, delle condizioni al contorno, della stratigrafia e delle tensioni geostatiche iniziali;
- 1) Annullamento delle zone all'interno dello scavo e riduzione delle forze FFS, fino al valore che assumono al fronte (FFS=18%);
- 2) Riduzione delle FFS fino al valore che assumono nel momento di installazione del rivestimento di I fase (3.0 m dal fronte) (FFS=6%);
- 3) Introduzione nel modello numerico dei sostegni di I fase e annullamento delle FFS (FFS=0%).
- 4) 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 2008 werden die Einwirkungen auf die Außenschale, die dem FEM Modell entnommen sind, um  $\gamma_G = 1,30$  erhöht und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um  $\gamma_c = 1,50$  reduziert, das heißt  $\gamma_s = 1,15$ .

Die Nachweise gelten erfüllt, 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 ausgelassen wurde, wie in Abs. 5.2.3. angeführt, überschreiten die Anker, welche ihre Ermüdungsgrenze erreichen ( $N_{yd} = 174$  kN), nicht die axiale Verformungsgrenze, die vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde.

### 5.2.6 Ergebnisse

Die im Anhang 4 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen  $< 30$  mm und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca. 10 mm) und durch die Bildung eines plastischen Streifens mit maximaler Ausdehnung von ca. 3-4 m gekennzeichnet ist.

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

Der vom Gebirge ausgeübte Druck auf die Innenschale, bei Verfall der Nietungen, beträgt 40 kPa.

### 5.2.5 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FEM 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  $\gamma_s = 1,15$ .

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. 5.2.3, si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174$  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  $< 30$  mm e convergenze relative in assenza del betoncino proiettato di ca. 10 mm) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 3-4 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174$  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 kPa.

### 5.3 ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST

#### 5.3.1 Nachweisverfahren

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

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 10: Teilsicherheitsfaktoren für den Ortsbrustnachweis

### 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 10: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo

#### 5.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Kennlinienverfahrens schließen wichtige Instabilitätsphänomene der Ortsbrust für diese Gebirge aus. Die Bruchkörperanalyse, die mit der Software Unwedge durchgeführt wurde, zeigt, dass das Volumen der abbrechenden Felsblöcke unter  $0.5 \text{ m}^3$  liegt und deshalb können sie, wenn sie nicht schon bei der Sprengung abgebrochen sind, auf Anordnung des geotechnischen Fachmann abgelöst werden.

Bei längerem Aufenthalt an der Ortsbrust ist zum Ortsbrustschutz der Einsatz einer faserverstärkten Spritzbetonschicht von mindestens 10 cm Stärke vorgesehen.

#### 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  $0.5 \text{ m}^3$  e pertanto, se non già distaccati durante il brillamento, possono essere disaggiati 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 sind durch das informatische Rechenprogramm MIDAS Gen2013, das auf die Finite-Elementen-Methode (FEM) basiert, berechnet worden.

Für die Berechnung wird ein Abschnitt des Tunnels mit einheitlicher Tiefe (1 m) berücksichtigt und ein Strukturmodell festgelegt und zwar mittels ebenen Finite-Elemente des Typs Träger (beam). Die Tunnelschale ist durch Elemente schematisiert, die kürzer als 0.5 m sind und die reellen Stärken des berücksichtigten strukturellen Elements besitzen (Kalotte, Widerlager, Gegenbogen/Grundplatte).

Die strukturelle Steifigkeit der Träger Elemente wird als  $E'_c \times I_y$  des nicht gerissenen Schnitts berechnet. Das Trägheitsmoment  $I_g$  wird im Verhältnis zur Schnittachse aus Beton berechnet, wobei der Stahl, wo vorhanden, ausgelassen wird. Das elastische Modul  $E'_c$ , Im Falle von ebener Verformung, beträgt:

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

mit:

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

Zur Modellierung des unbewehrten Betons wird ein elastisch-lineares Materialmodell verwendet. Die Neuverteilung der Belastungen werden laut Absatz 12.5 des EC2 berechnet, falls die abschnittsweise Steifigkeit durch die Öffnung von Spalten, dort wo die Betonzugfestigkeit überwunden wurde (Bildung von plastischen Scharnieren) verloren gegangen ist. Die Modellierung der plastischen Scharniere erfolgt durch den Einsatz von Torsionsfedern, dessen Steifigkeit iterativ mit der Pöttler-Methode [27], [28] berechnet wird.

### 6.2 INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mit dem Einsatz von Point Support Elementen simuliert, die an die Modellknoten gesetzt werden. Nur bei Komprimierung übertragen diese Elemente den Knoten eine Reaktion, die dem Kontaktdruck Boden-Struktur entspricht. Die Steifigkeit der genannten Elemente wird unter Berücksichtigung des Reaktionsmoduls des Bodens  $k$  und der Schnittstelle, welche sich aus dem Paket der Abdichtung - Dränageschicht ergibt, bestimmt. Die erste wird laut den nachfolgend angeführten Relationen bestimmt und zwar jeweils für gekrümmte und gradlinige Oberflächen (Abs. 6.2.1 und 6.2.2). Die zweite wurde mit  $60'000 \text{ kN/m}^3$  aufgrund der Eigenschaften des Abdichtungsstreifens angenommen. Letztere zählt für Verschiebungen von weniger als 0.5 cm.

## 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 (1m) 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 rigidezza 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 ridistribuzione delle sollecitazioni in seguito alla perdita di rigidezza 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 rigidezza è calcolata iterativamente mediante il metodo di Pöttler [27][28].

### 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 rigidezza 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 spostamenti inferiori a 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la

Werden diese Verschiebungen überstiegen, entspricht die Schnittstellensteifigkeit der des Gebirges.

Die tangenziale Steifigkeit wurde aufgrund des Vorhandenseins des Abdichtungsmantels bei der Schnittstelle Boden-Struktur vernachlässigt.

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.

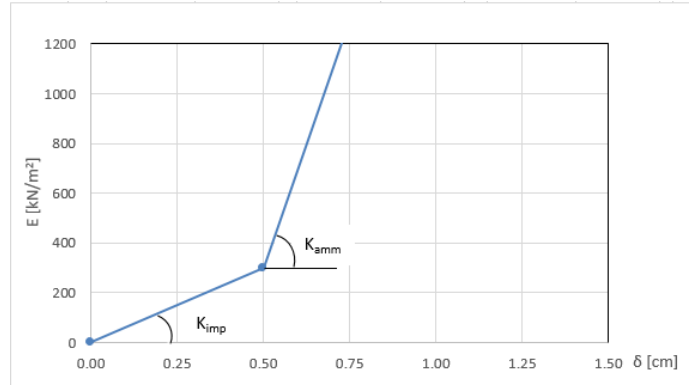


Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia

### 6.2.1 Modellierung der Bettung

Die radiale Bettung der Innenschale im Lockermaterial ermittelt sich in der Regel unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls  $E$  und der Querdehnzahl  $\nu$  des Gebirges sowie der Systemlinie des entsprechenden Innenschalenradius  $R$  wie folgt:

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

Mit:

- $K_R$  = radiale Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m<sup>3</sup>]
- $E$  = Elastizitätsmodul des umliegenden Gebirges
- $E_S$  = Steifemodul des umliegenden Gebirges
- $\nu$  = Poissonsahl des Bodens/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

Das Auflager der Konstruktion mit Sohlplatte bzw. offener Sohle (Querschläge) wird durch Federn mit einer Steifigkeit, die von der dazugehörigen Einflussbreite „b“ abhängig ist, modelliert. Die Federkonstanten sind wie folgt zu ermitteln:

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 EINWIRKUNGEN

Im Folgenden werden folgende Kürzel für die Einwirkungen herangezogen:

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

#### 6.3.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

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

#### 6.3.2 Kettenwerk G2

Das Kettenwerk wird zur Sicherheit auf einem maximalen Abstand von 50 m angebracht, wie in der Abbildung ersichtlich. Aus diesen Lasten ergeben sich die am Aufhängepunkt anzusetzenden Lasten:

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

### 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 2,50 kN

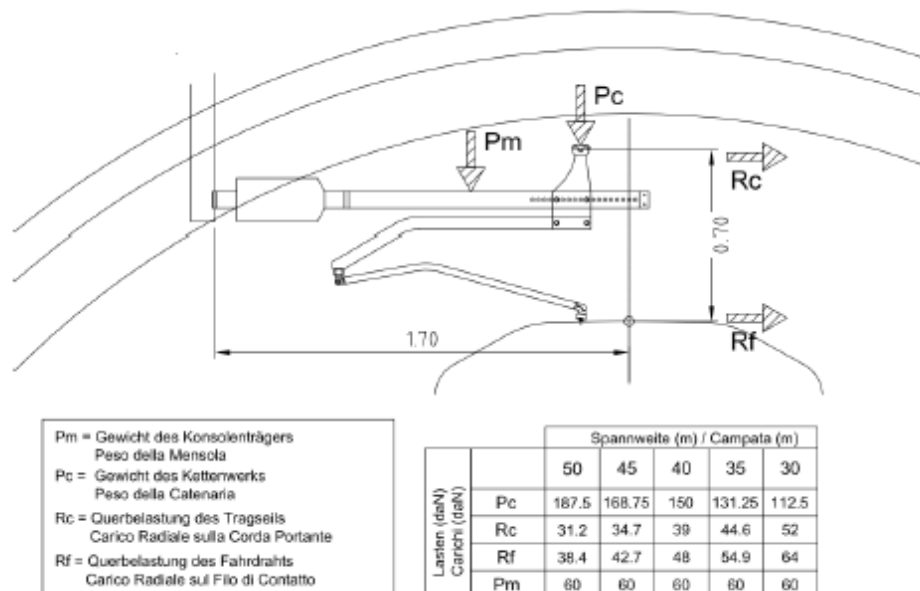


Abbildung 7: Lasten des Kettenwerks

Figura 7: Carichi della catenaria

### 6.3.3 Auffüllung mit Beton oberhalb des Sohlgewölbes G3

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf dem Planmaß der Konstruktion.

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

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

### 6.3.4 Wasserdruck G4

Für druckentlastete (drainierte) Tunnel wird der Wasserdruck bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe nur vom unteren Scheitelpunkt unter dem Sohlgewölbe bis in die Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten sind dann wie folgt anzusetzen:

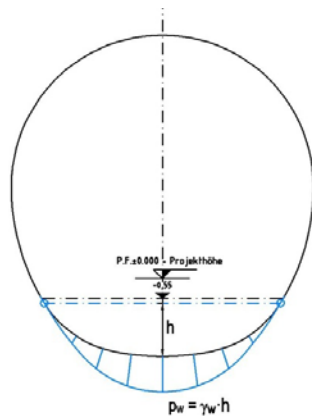


Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

### 6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast entspricht dem höheren Wert der beiden Lasten, jener aus der Bruchkörperanalyse und jener aus der Finite-Elemente-Analyse, die auf die Innenschale wirkt, nach vollständigem Verfall der fiktiven Aushubkräfte (letzte Stufe der FEM-Analyse). Da die größere Last a priori nicht bestimmt werden kann, wurden die Analysen mit beiden Lastenverteilungen durchgeführt.

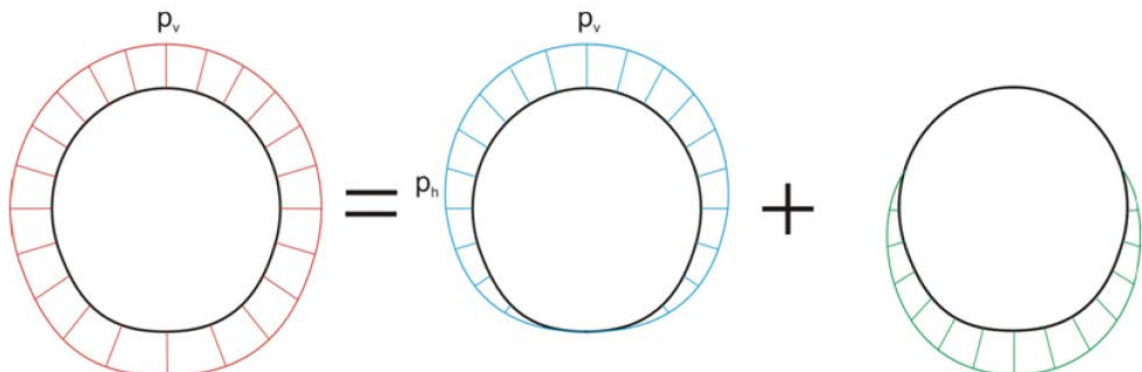


Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)

### 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.

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:

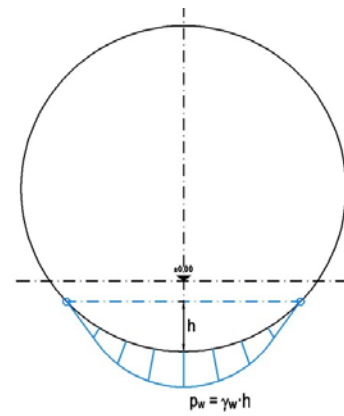


Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

### 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 FEM). Non potendo definire a priori il carico più gravoso le analisi sono state effettuate con entrambe le distribuzioni di carico.

Figura 9: 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 dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Kettenwerk)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung  $\Delta l$  (Endschwindmaß), auf die die Berechnung basieren muss, und zwar in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung.

Für alle Abschnitte die höher als 25 cm sind und aus Beton C30/37 bestehen, ergibt sich eine Durchschnittsverformung durch autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Bemessung wurde gemäß Bestimmungen 50% des Schwindens angenommen, 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 durch präventiven Proben geprüft werden.

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

### 6.3.7 Temperatur Q1

Für die Dimensionierung der Innenschale wird die Temperatureinwirkung berücksichtigt, gemäß der nachfolgenden Tabelle je nach Abstand zum Portal.

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

Tabelle 11: Temperatureinwirkung Innenschale

Der Temperaturgradient  $\Delta T$  gibt die Temperaturdifferenz zwischen der Innenkante und der Außenkante der Innenschale wieder.

Temperaturbeanspruchungen während des Baus der

### 6.3.6 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

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

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 11: Variazione termica

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

Le sollecitazioni derivanti dalla temperatura durante la

Innenschale können vernachlässigt werden.

Die von der Temperatur ausgehenden Einwirkungen in Folge eines Brands sind Gegenstand des Absatzes 6.3.11.

### 6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1

Im Gegensatz zu den anderen Lastkombinationen hat die Erdbebenlast einen geringen Einfluss und wird deshalb nicht berücksichtigt.

### 6.3.9 Druck / Sog infolge Zufahrt A1

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge aus der Zugdurchfahrt sind im Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann entnommen werden, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkungen) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von  $\Delta_p \text{ Druck} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta_p \text{ Sog} = - 9 \text{ kN/m}^2$  aufkommen. Da dies erhebliche Einwirkungen sind, auch unter Berücksichtigung der entsprechend angenommenen Teilsicherheitsfaktoren, werden die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination mit den Einwirkungen, die aus einer außerordentlichen Bemessungslage stammen, berücksichtigt.

### 6.3.10 Aufpralllast A2

Die Einwirkung Aufprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen. Im untersuchten Abschnitt wurde sie demnach 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 die Temperatur-Zeit Kurve laut UNI 11076 gemäß D0118-04326 "Sicherheit gegen die Brandexplosionen" gewährleistet.

Die bewehrten und unbewehrten Abschnitte sind hinsichtlich eines Brandes gemäß den Kriterien des spezifischen Berichts [5]. geprüft worden. Hier beschränkt man sich darauf hinzuweisen, dass, einvernehmlich mit der Tabelle D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Klassifizierung der Feuerbeständigkeit der Bauprodukte und -elemente für Bauwerke", folgende Bedingungen ausreichend zur Gewährleistung der REI 120 Klasse sind:

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

Beide Voraussetzungen sind erfüllt.

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 [5]. 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 160 mm;
- 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 sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die Einwirkungskombinationen für die Dimensionierung der Innenschale sind in der Tabelle 12 angegeben:

Lastfall / Caso di carico Einwirkung sko mbination /Combinazi oni	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht Peso proprio	Oberleitung Catenaria	Sohibeton Carichi permanenti sull'arco rovescio	Wasserdruck Carico idraulico	Gebirgslast ohne Auftrieb Carichi della roccia in condizioni asciutte	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Quell-druck Swelling- Squeezing	Temperatur (Sommer) Temperatura (Estate)	Temperatur (Winter) Temperatura (inverno)	Verkehrslast (Zugfahrt) Carico ferroviario	Brand Fuoco	Druck infolge Zugfahrt Carico aerodinamico (pressione)	Sog infolge Zugfahrt 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			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 12: 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 12:

Tabella 12: Combinazioni di carico

## 6.5 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Einwirkungskombinationen laut Vorgaben in NTC2008, Abs. 2.5.3 angewandt.

### 6.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

#### 6.5.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die Teilsicherheitsfaktoren, die berücksichtigt werden müssen, variieren in Funktion der Kombinationen und der Arten der Einwirkungen. Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind gemäß NTC2008 für eine Standard-Bemessung, ständige, vorübergehende, außergewöhnliche Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

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

Werden die Einwirkungen aus dem Schwinden für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt, ist gemäß EC2, Teil 1, Abs. 2.4.2.1 der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{SH} = 1,0$  zu berücksichtigen.

## 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

Folgende Kombinationsbeiwerte sind gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 zu berücksichtigen:

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 13: Kombinationsbeiwerte

### 6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

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

#### 6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Widerstände bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren wie folgt zu berücksichtigen:

##### Stahlbeton

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

##### Unbewehrter Beton

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

Für den Nachweis von außergewöhnlichen Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsfaktoren gleich  $\gamma_c = 1,2$  und  $\gamma_s = 1,0$  zu berücksichtigen. Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit bleibt unverändert.

#### 6.5.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft

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

Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß der

### 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 13: 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.

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

NTC2008, Kapitel 4.1.11.1.

4.1.11.1.

Bei den unbewehrten Abschnitten mit hoher Exzentrizität, berücksichtigt man gemäß EC2 (§12.3.1) die Betonzugfestigkeit bis zum Planungswert  $f_{ctd}$ . Der Nachweis gilt als erwiesen, 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:

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

6.5.1.6 Bemessung Querkraft

6.5.1.6 Verifica a taglio

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

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

Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß der NTC2008, wobei diese Ungleichung überprüft wird:

Per il rivestimento interno non armato si seguono le NTC2008, verificando la seguente disuguaglianza:

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

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

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

$$\delta = \sigma_c - \sigma_{c \text{ lim}}$$

$$\sigma_{c \text{ lim}} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + f_{cd} \cdot f_{ctd}}$$

Bei den überwiegend komprimierten Abschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Komprimierung  $\sigma_c$  als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Abschnittsteil '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 Abschnitten mit hoher Exzentrizität, bei Annahme der Betonzugfestigkeit bis  $f_{ctd}$ , wird der Querkraftwiderstand des Abschnitts ausgewertet, indem der ganze Abschnitt als reagierend ( $x=h$ ) betrachtet wird und die Spannung  $\sigma_c$  als Durchschnittsspannung des ganzen Abschnitts, 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

Im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Einwirkungen mit ihren Kombinationsregeln zu berücksichtigen.

### 6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Kombinationsbeiwerte sind der Tabelle 11 zu entnehmen. Die Kombinationsbeiwerte sind in der Tabelle 13 wiedergegeben.

### 6.5.2.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

### 6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit der nicht bewehrten Abschnitte sind die charakteristischen Werte der Widerstände zu berücksichtigen, für die bewehrten Abschnitte gelten die Bestimmungen laut Abs. 4.1.22.5 der NTC2008.

### 6.5.2.5 Ermittlung der Verformungen

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

### 6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss man für die relevanten Einwirkungskombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Abminderungsfaktoren  $\psi$  laut Tabelle 12 die maximale Rissweite  $w_{kal}$  laut NTC2008 nachweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderungen an die Dichtigkeit oder bei Vorhandensein einer Abdichtung ist auf  $w_{kal} \leq 0,3$  mm begrenzt.

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

## 6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

### 6.6.1 Expositionsklasse und Mindestdeckungen

Gemäß UNI 11104 ist bei der Expositionsklasse XC3 die Verwendung von Beton C28/35, bei der Expositionsklasse XC4 Beton C32/40 vorgesehen.

Die Berechnung der Mindestbetondeckung zur Gewährleistung der Bauwerklebensdauer >100 Jahren erfolgt laut NTC2008:

## 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 12 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 13.

### 6.5.2.3 Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC2008, 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 NTC2008.

### 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 12. 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, 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.

Il calcolo del copriferro minimo al fine di garantire una vita utile dell'opera >100anni è condotto in accordo alle NTC2008:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse	28/35	32/40
Umweltbedingungen	Normal	Aggressiv
C <sub>min</sub> [mm]	20	30
Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm]	+10	+10
Bauliche Tolleranz [mm]	+10	+10

C <sub>nom</sub> [mm]	<b>40</b>	<b>50</b>
-----------------------	-----------	-----------

Tabelle 14: Mindestbetondeckung

Um die Stärke zu vereinheitlichen, ist eine Betonbedeckung entlang des ganzen Tunnels von 5 cm vorgesehen.

### 6.6.2 Mindestbewehrung

Ist eine bewehrte Innenschale vorgesehen, wird die Mindestbewehrung gemäß NTC 2008, Punkt 4.1.6.1.1 definiert.

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 die mittlerer Breite der Zugzone;
- d die Nutzhöhe des Querschnitts;
- $f_{ctm}$  der Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons;
- $f_{yk}$  der charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls ist.

	XC3	XC4
Classe di resistenza (UNI 11104)	28/35	32/40
Cond. ambientali	Normali	Aggressive
C <sub>min</sub> [mm]	20	30
Vita utile > 100anni [mm]	+10	+10
Tolleranza costruttiva [mm]	+10	+10

C <sub>nom</sub> [mm]	<b>40</b>	<b>50</b>
-----------------------	-----------	-----------

Tabella 14: 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 in Anhang 5 aufgezeigten Analysen zeigen, dass für die FEM-Modelle zur Simulation der Lockerungslast des Gebirges und des Herablösens elementarer Felsblöcke keine Biegebewehrung gebraucht wird.

Das Berechnungsmodell mit Lockerungslast des Gebirges konvergiert, ohne dass eine Bewehrung notwendig ist, aber zeigt die Bildung von drei plastischen Scharnieren: eines im Zentrum der Kalotte und zwei an der Unterkante der Verbindung zwischen Widerlager und Grundplatte.

Das Berechnungsmodell mit der Gebirgslast aus der Bruchkörperanalyse zeigt ebenfalls die Bildung von drei plastischen Scharnieren: eines beim Druckpeak des Blocks und zwei bei dessen Mindestdruck.

Die Nachweisführungen an den unbewehrten Querschnitten im Grenzzustand der Tragfähigkeit hat gezeigt, dass sich 3 plastische Gelenke bilden, welche durch die Überschreitung der Design-Zugfestigkeit des Betons und die daraus folgende Rissbildung sowie die reduzierte Trägheit des Querschnitts bedingt sind. Das Einfügen der plastischen Gelenke im Berechnungsmodell ermöglicht die korrekte Prüfung der Lastumlagerung im untersuchten Querschnitt. Der statische Charakter der Struktur wird durch die Kontrolle der Anzahl der plastischen Gelenke (max. 3) und der Rissbreite ( $<1.0\text{mm}$ ) sichergestellt. Die Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zeigt, dass die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit erfüllt sind.

Die Ergebnisse aus den statischen Berechnungen wurden mit jenen aus vereinfachten Berechnungsmethoden und durch ähnliche Berechnungen an vergleichbaren Strukturen auf ihre Richtigkeit geprüft. Die erhaltenen Ergebnisse sind daher als akzeptabel und richtig.

## 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.

Le verifiche svolte sulle sezioni non armate secondo lo SLU mostrano la formazione di 3 cerniere plastiche, causate dal superamento della resistenza a trazione di progetto del calcestruzzo con conseguente fessurazione e perdita d'inerzia localizzata della sezione. L'inserimento di tali cerniere nei modelli di calcolo consente di verificare correttamente la redistribuzione delle sollecitazioni agenti nelle sezioni di verifica. La staticità della struttura è garantita attraverso il controllo del numero di cerniere plastiche che si vengono a formare (massimo 3) e dall'ampiezza ( $< 1.0\text{mm}$ ). Le verifiche svolte allo SLE dimostrano che le esigenze di durabilità prescritte sono opportunamente rispettate.

I risultati emersi dall'analisi statica condotta sono stati validati mediante confronto con metodi di calcolo semplificati e attraverso raffronti con altre analisi svolte su opere paragonabili. I risultati ottenuti sono pertanto ritenuti accettabili e corretti.

## 7 VERZEICHNISSE

### 7.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Geomechanische Homogenbereiche .....	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 [**] angegeben Gebirge stellte sich heraus, dass die Literaturwechselbeziehungen zwischen RMR und nicht gültig sind; in beiden Fällen wurden die RMR und GSI Mittelwerte angewandt).	10
Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirge in den unterschiedlichen Zonen und Klassen .....	10
Tabelle 4: Lage der Trennflächen .....	11
Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. $c_f$ = Ortsbrustkonvergenz, $c_a$ = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, $c_r$ = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, $F_{pf}$ = plastische Zone an der Ortsbrust, $F_{pla}$ = plastische Zone Gleichgewicht, $R$ = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen).	12
Tabelle 6: Vorgeschlagene Stabilitätskriterien in [21] [22]; $c_f$ = Ortsbrustkonvergenz; $F_{pf}$ = Ausdehnung des plastischen Streifens an der Ortsbrust; $R_{scavo} = r_{eq}$ = äquivalenter Ausbruchradius	13
Tabelle 7: Ergebnisse der empirischen Methoden. ....	13
Tabelle 8: Berücksichtigte geomechanische Parameter ....	17
Tabelle 9: Charakteristiken der Außenschale GL-T3 .....	18
Tabelle 10: Teilsicherheitsfaktoren für den Ortsbrustnachweis	21
Tabelle 11: Temperatureinwirkung Innenschale.....	26
Tabelle 12: Einwirkungskombinationen Innenschale.....	28
Tabelle 13: Kombinationsbeiwerte .....	29
Tabelle 14: Mindestbetondeckung .....	32
Tabelle 15: Begrenzungsdrücke, die von den zusätzlichen Eingriffen an den Anschlussbereichen geliefert werden...	168
Tabelle 16: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Biegung	170
Tabelle 17: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Querkraft	171
Tabelle 18: Nachweise GZG Stützträger.....	172

## 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).	10
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. $c_f$ = convergenza al fronte, $c_a$ = convergenza assoluta all'equilibrio naturale, $c_r$ = convergenza relativa all'equilibrio naturale, $F_{pf}$ = fascia plastica al fronte, $F_{pla}$ = fascia plastica all'equilibrio naturale, $R$ = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).	12
Tabella 6: Criteri di stabilità proposti in [21] [22]; $c_f$ = convergenza al fronte; $F_{pf}$ = estensione della fascia plastica al fronte; $R_{scavo} = r_{eq}$ = raggio equivalente di scavo.....	13
Tabella 7: Risultati dei metodi empirici.....	13
Tabella 8: Parametri geomeccanici considerati .....	17
Tabella 9: Caratteristiche rivestimenti di prima fase GL-T3	18
Tabella 10: Fattori parziali di sicurezza per la verifica di stabilità del fronte di scavo.....	21
Tabella 11: Variazione termica.....	26
Tabella 12: Combinazioni di carico .....	28
Tabella 13: Coefficienti di combinazione.....	29
Tabella 14: Copriferro minimo.....	32
Tabella 15: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti .....	168
Tabella 16: Verifiche SLU architrave - Flessione .....	170
Tabella 17: Verifiche SLU architrave - Taglio.....	171
Tabella 18: Verifiche SLE architrave.....	172

## 7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsprofil und des geologischen Lageplans [2] mit Angabe des Untersuchungsgebietes.....	6
Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	14
Abbildung 3: Analyseabschnitt GL-T3 .....	17
Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente	18
Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker	19
Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle .....	23
Abbildung 7: Lasten des Kettenwerks .....	24
Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt	25
Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün).....	25

## 7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 – GEOMECHANISCHE KARTEN
- ANHANG 2 - KENNLINIENVERFAHREN
- ANHANG 3 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER AUßENSCHALE
- ANHANG 5 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE
- ANHANG 6 – FEM-ANALYSE DES INNENAUSBAUS: VERBINDUNG CT MIT GL

## 7.4 REFERENZDOKUMENTE

### 7.4.1 Eingangsdokumente

#### 7.4.1.1 Ausführungsprojekt Baulos Mauis 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauis 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauis 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer Detailbericht

## 7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [2] con indicazione dell'area di studio.	6
Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato	14
Figura 3: sezione di analisi GL-T3 .....	17
Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione per gli ancoraggi	18
Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature.	19
Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia .....	23
Figura 7: Carichi della catenaria .....	24
Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata.....	25
Figura 9: 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 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
- APPENDICE 6 – ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO: INNESTO CT-IN-GL

## 7.4 BIBLIOGRAFIA E FONTI

### 7.4.1 Documenti in ingresso

#### 7.4.1.1 Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Relazione geomeccanica di dettaglio



- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22002 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer und Planungsvorprofil - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ost - von km 44+192 bis km 46+769
- [4] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer und Planungsvorprofil - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM West - von km 44+155 bis km 46+732
- [5] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Sicherheit bzgl. Feuerexposition

- [3] 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 - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Est - da km 44+192 a km 46+769
- [4] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione - GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ovest - da km 44+155 a km 46+732
- [5] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003- Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco

#### 7.4.1.2 Technische Projektaufbereitung

- [6] Geomechanischer Bericht Haupttröhren Muls PMF Trens“
- [7] Geomechanischer Bericht Erkundungsstollen Muls-Brenner

#### 7.4.1.2 Elaborazione tecnica del progetto

- [6] Relazione geomeccanica Canne principali Muls PMF Trens
- [7] Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Muls-Brennero

#### 7.4.1.3 Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Muls 1

- [8] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Statischer Bericht Außenschale - Haupttunnel km 46+800/47+800

#### 7.4.1.3 Progetto Esecutivo Estensione Lotto Muls 1

- [8] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Relazione statica rivestimento di prima fase - Galleria di linea km 46+800/47+800

#### 7.4.2 Normen und Richtlinien

- [9] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [10] Leitfaden N.617, Vorgehensweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- [11] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [12] UNI EN1990:2006 - Eurocode 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [13] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [14] UNI EN 1992:2005 - Eurocode 2 – Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [15] UNI EN 1997:2005 - Eurocode 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [16] UNI EN 1992-1-2:2005 Planung von Stahlbetonbauwerke Teil 1-2: Allgemeinregelung – Brandschutz Strukturplanung
- [17] UNI 11076: 2003 Testmodalitäten zur Bewertung des

#### 7.4.2 Normativa

- [9] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [10] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [11] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [12] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [13] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [14] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [15] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [16] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"

Benehmens der an den Decken von Untertagebauten angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall

- [18] D.M. 16.02.2007 Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnissen und Bauelementen für Bauwerke

- [17] 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".

- [18] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

#### 7.4.3 Literatur

- [19] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [20] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [21] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [22] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [23] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [24] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [25] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [26] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [27] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [28] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [29] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [30] 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
- [31] MIDAS GTS Manual

#### 7.4.3 Letteratura

- [19] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [20] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [21] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [22] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [23] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [24] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [25] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [26] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [27] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [28] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [29] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [30] 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
- [31] MIDAS GTS Manual

## **ANHANG 1 - GEOMECHANISCHE KARTEN**

Nachfolgend werden die geomechanischen Karten der Gebirge GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g E GA-BCA-GS-10Gg laut den Dokumenten [6]-[7] angeführt.

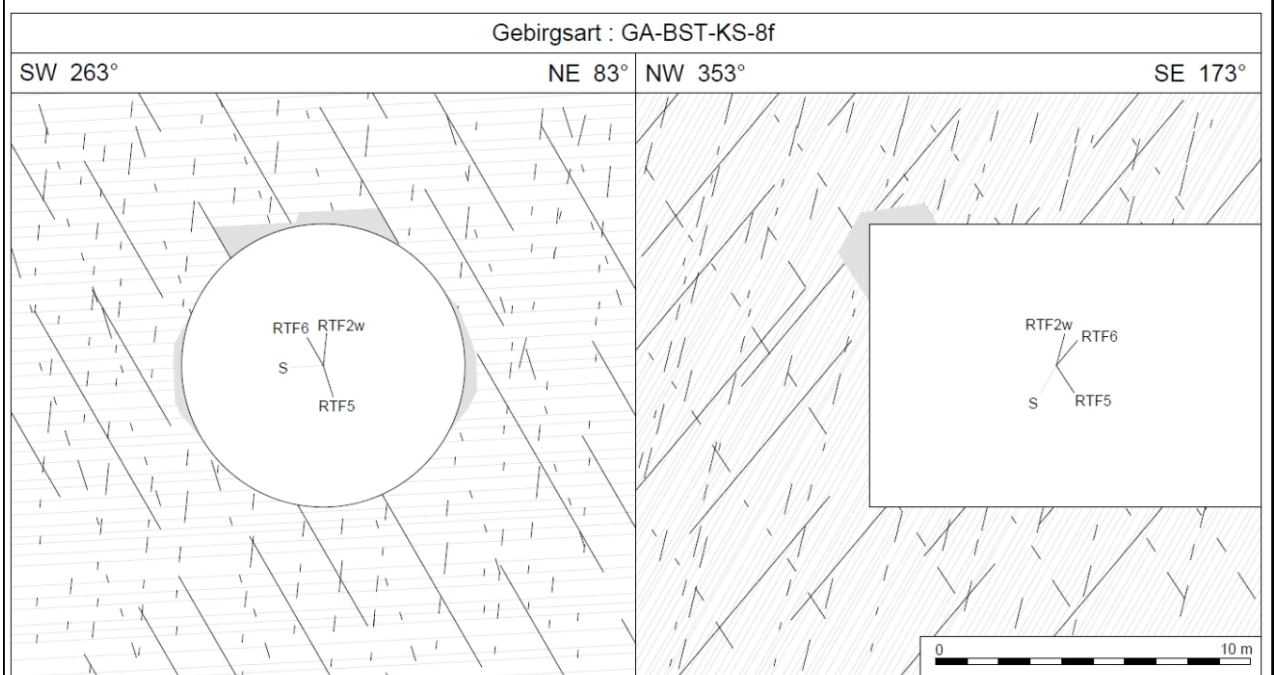
## **APPENDICE 1 - SCHEDE GEOMECCANICHE**

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 i Documenti [6]-[7].

Geotechnische Kennwerte		Gebirgsart GA-BST-KS-8f		
Parametri geotecnici		Tipo di ammasso roccioso GA-BST-KS-8f		
<b>Lithologie</b>	Bündnerschieferkomplex: Dünnschichtige Wechselfolge von Glimmermarmor, Kalzitquarzit und Phyllit, Bereiche mit höherem Phyllitanteil - 531			
<b>Litologia</b>	Complesso dei calcescisti: alternanze poco spesse di calcescisti, quarziti calcifici e filladi, a tratti con presenza elevata di fillade - 531			
<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>2</sup> ]	0,02656	$\pm 0,00036$	63	
$\alpha_{ci}$ [MPa] med (F II sf)	41	$\pm 18$	3	
$\alpha_{ci}$ [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 uniaxiale	43000	$\pm 11100$	15	
$\nu$ [-] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniaxiale	0,21	$\pm 0,05$	8	
CAI [-]	2,7	$\pm 0,4$	8	
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ. di Qz [%]	42	$\pm 9$	8	
<b>Quellpotential / Potenziale di swelling</b>	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			
<b>Schieferung: Orientierung / Abstand</b>	S: 355/60			
<b>Scistosità: Giacitura / Spaziatura</b>				
<b>Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)</b>	RTF2w: 285/85	RTF6: 050/65		
<b>Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)</b>	RTF5: 110/75			
<b>Trennflächenabstände [mm]</b>	RTF2w: 200-600	RTF6: 200-600		
<b>Spaziatura delle discontinuità</b>	RTF5: 200-600	S: 60-200		
<b>Trennflächendurchgängigkeit [m]</b>	RTF2w: <1	RTF6: 3-10		
<b>Persistenza delle discontinuità</b>	RTF5: <1	S: 3-10		
<b>Trennflächenöffnung [mm]</b>	RTF2w: 0	RTF6: 0		
<b>Apertura della discontinuità</b>	RTF5: 0	S: 0		
<b>Trennflächenrauigkeit JRC<sub>0</sub> [-]</b>	RTF2w: 4-8	RTF6: 10-12		
<b>Rugosità delle discontinuità</b>	RTF5: 4-8	S: 4-8		
<b>Trennflächenverwitterung (EN ISO 14689-1)</b>				
<b>Alterazione delle discontinuità</b>				
<b>Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil)</b>				
<b>Riempimento delle discontinuità (tipo e %)</b>				
<b>Trennflächenkennwerte (Labor)</b>	Bandbreite		Versuchszahl (n)	
<b>Parametri delle discontinuità (Laboratorio)</b>	Range		Numero di prove (n)	
$\varphi_{peak/res} / \varphi_{base}$ [°] (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	
<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): Last/carico 87,8-10,6 MPa	32500-63600		2	
<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)	85	$\pm$		
RMR [-] (Bieniawski, 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	
$\alpha_c$ [MPa] (Hoek&Brown)	1,5	0,9	2,0	
$\alpha_{cm}$ [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	
$\varphi$ [°] (Mohr-Coulomb): $H_{min}=960m / H_{max}=1110m$	27 / 26	24 / 28	30 / 28	
E [MPa] (Boyd/Serafim 1983 / Hoek 2002 / Hoek&Diederichs 2006)	- / (4900) / 13200	- / (3900) / 9800	- / 5700 / 16600	
<b>Charakteristische Werte / Valori caratteristici</b>		<b>Inputparameter / Valori di input</b>		
$\gamma_k$ (Gebirge / ammasso) [kN/m <sup>2</sup> ]	27,0	GSI [-] - Hoek&Brown	50	
$\alpha_{i,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	33*	RMR [-] - Bienawski	60	
$\alpha_{m,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	6,3	$\alpha_v(\gamma^*H_{min}/max)$ [MPa]	25,9 / 30,0	
$c_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - $H_{min}/max$	2,1 / 2,3	$k_\sigma$ [-]	0,8-1,0	
$\varphi_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - $H_{min}/max$	30 / 28			
$E_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	5500			
<b>Bemerkungen</b>	*Wert: M+s (F 45° sf)			
<b>Note</b>	*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: Dünnsschichtige Wechselfolge von Glimmerarmor, Kalzitquarzit u. Phyllit
<b>Tipo di ammasso roccioso</b>	GA-BST-KS-8f: Alternanze poco spessi di calcescisti, quarziti calcifici e filladi (531)
<b>Orientierung der Haupttrennflächen</b>	Steil einfallende, schiefend 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>	$> 0,21$ : 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 Trennflächen 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		
<b>Lithologie</b>	Glimmerschiefer und Paragneis ("Paraschiefer"), untergeordnet Amphibolit, lokal Orthogneis - 801b			
<b>Litologia</b>	Paragneiss e micascisti ("parascisto"), subordinato anfibolite, localmente ortogneiss - 801b			
<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> ]	0,02731	± 0,00149	4	
$\sigma_{ci}$ [MPa] min (F 45° sf)	75	± 5	4	
$\sigma_{ci}$ [MPa]				
$m_i$ [-] (Hoek&Brown) geschätzt / stimato	17			
E [MPa] aus Einax.-Druckversuch / da prova uniaassiale	56400	± 10900	4	
$\nu$ [-] geschätzt / stimato	0,24			
CAI [-]	3,8	± 0,5	4	
äquiv. Qz-Gehalt / Contenuto equ. di Qz [%]	80	± 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			
<b>Schieferung: Orientierung / Abstand</b>	S: 345/45			
<b>Scistosità: Giacitura / Spaziatura</b>				
<b>Trennflächenorientierung [°] (Vertrauenskegel)</b>	RTF1: 160/80	RTF3: 300/85		
<b>Giacitura delle discontinuità (Cono di confidenza)</b>	RTF2w: 255/75	RTF6: 020/80		
<b>Trennflächenabstände [mm]</b>	RTF1: 60-200	RTF3: 200-600	S: 60-200	
<b>Spaziatura delle discontinuità</b>	RTF2w: 60-200	RTF6: 200-600		
<b>Trennflächendurchgängigkeit [m]</b>	RTF1: <1	RTF3: <1	S: 1-3	
<b>Persistenza delle discontinuità</b>	RTF2w: <1	RTF6: 1-3		
<b>Trennflächenöffnung [mm]</b>	RTF1: 0	RTF3: 0	S: 0	
<b>Apertura della discontinuità</b>	RTF2w: 0	RTF6: 0		
<b>Trennflächenrauigkeit JRC<sub>Co</sub> [-]</b>	RTF1: 10-12	RTF3: 12-14	S: 4-8	
<b>Rugosità delle discontinuità</b>	RTF2w: 8-10	RTF6: 10-12		
<b>Trennflächenverwitterung (ENISO 14689-1)</b>				
<b>Alterazione delle discontinuità</b>				
<b>Trennflächenfüllung (Typ u. %-Anteil)</b>				
<b>Riempimento delle discontinuità (tipo e %)</b>				
<b>Trennflächenkennwerte (Labor)</b>		Bandbreite	Versuchszahl (n)	
<b>Parametri delle discontinuità (Laboratorio)</b>		Range	Numero di prove (n)	
$\Phi_{res}$ [°] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)		35 - 40*		
$c_{res}$ [MPa] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)		0,05 - 1,0*		
<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)	80	±		
RMR [-] (Bieniawski, 1999)	60	±		
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	
$\alpha$ [MPa] (Hoek&Brown)	4,5	4,2	4,8	
$\alpha_{cm}$ [MPa] (Hoek&Brown)	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&Brown	50	
$\alpha_{t,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	70	RMR [-] - Bieniawski	60	
$\alpha_{m,k}$ (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*			
<b>Bemerkungen</b>	Laborergebnisse Datenblatt 801 a			
<b>Note</b>	* Daten aus Einreichprojekt			
	Risultati prove di laboratorio scheda 801 a			
	* Dati da progetto definitivo			

BCA-GS-10g: Gebirgsverhaltenstyp GVT 2	
BCA-GS-10g: Comportamento dell'ammasso roccioso TCR 2	
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, schleiend, 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	Amphibolit - 802, untergeordnet Paragneis und Quarzit (805)		
Litologia	Anfibolite - 802, subordinato paragneiss e quarzite (805)		
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> ]	0,02778	$\pm$ 0,00052	33
$\alpha_i$ [MPa]	140	$\pm$ 48	11
$\alpha_c$ [MPa]			
m [-] (Hoek&Brown) 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. Oz-Gehalt / Contenuto equ. di Oz [%]	52	$\pm$ 2,5	4
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: 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 %)			
Trennflächenkennwerte (Labor)	Bandbreite		Versuchszahl (n)
Parametri delle discontinuità (Laboratorio)	Range		Numero di prove (n)
$\varphi_{res}$ / $\varphi_{base}$ [°] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)	35 - 39 / 27 - 30		5 / 5
c <sub>res</sub> [MPa] (unverwitt. TF / Disc. inalterate)	0,03 - 0,53		5
Gebirgskennwerte in-Situ	Bandbreite		Versuchszahl (n)
Parametri dell'ammasso roccioso in sito	Range		Numero di prove (n)
E [MPa] (BLA / Prova dilatometrica)			
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)	90	$\pm$	
RMR [-] (Bieniawski, 1999)	70	$\pm$	
GSI [-] (Hoek)	65	$\pm$ 10	-
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)	19,9	7,4	46,8
$\sigma_{cm}$ [MPa] (Hoek&Brown)	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
Charakteristische Werte / Valori caratteristici		Inputparameter / Valori di input	
$\gamma_k$ (Gebirge / ammasso) [kN/m <sup>3</sup> ]	28,0	GSI [-] - Hoek&Brown	55
$\alpha_{i,k}$ (Gestein / roccia) [MPa]	92*	RMR [-] - Bienawski	70
$\alpha_{m,k}$ (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa]	24,8	$\sigma_v$ ( $\gamma \cdot H_{min/med/max}$ ) [MPa]	16,8 / 27,8 / 33,6
c <sub>k</sub> (Gebirge / ammasso roccioso) [MPa] - H <sub>min/med/max</sub>	3,0 / 4,1 / 4,6	k <sub>0</sub> [-]	0,8-1,0
$\varphi_k$ (Gebirge / ammasso roccioso) [°] - H <sub>min/med/max</sub>	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, schleiend, 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 - KENNLINIENVERFAHREN

Nachfolgend werden die Kennlinien für die Gebirgsarten GA-BST-KS-8f, GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g wiedergegeben, durch die folgendes bestimmt werden kann:

- Radialer Druck - Konvergenz
- Konvergenz - Entfernung von Ortsbrust
- Radialer Druck - Ausdehnung des plastischen Streifens jenseits des Abbauprofils
- Entfernung von Ortsbrust - Ausdehnung des plastischen Streifens jenseits des Abbauprofils
- Entfernung von Ortsbrust - fiktive Aushubkräfte

Die Kurve "Konvergenz - Entfernung von Ortsbrust" wurde durch ein vereinfachtes, analytisches Verfahren ermittelt, das die Relationen von Nguyen, Minh et al. [20] verwendet.

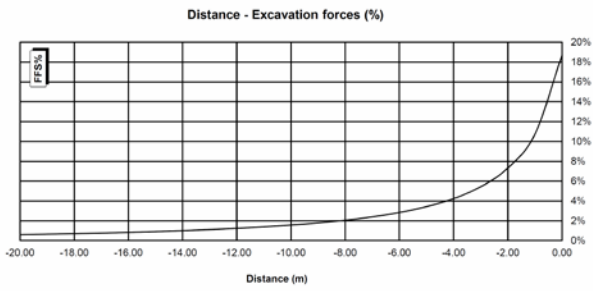
## APPENDICE 2 - CURVE CARATTERISTICHE

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. [20].

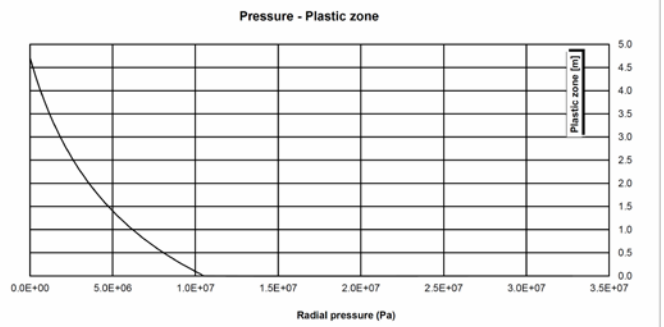
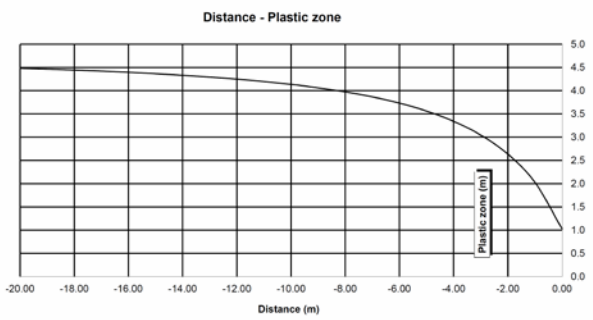
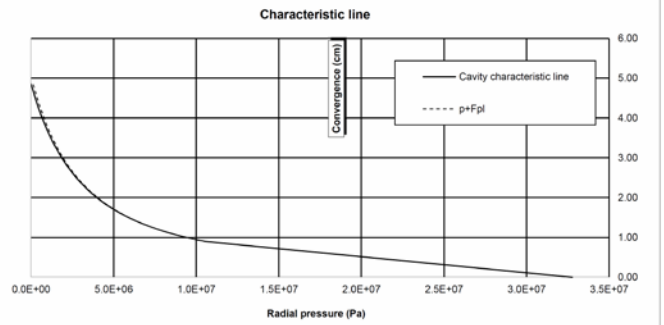
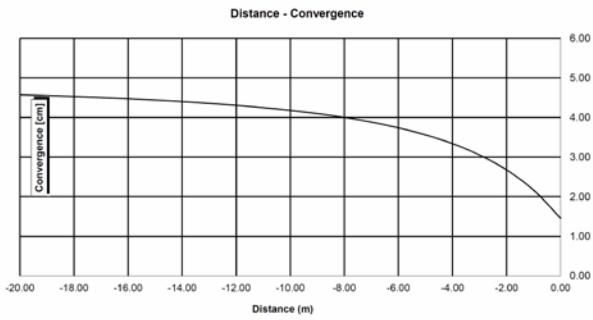
14\_GA-BCA-GS-10g

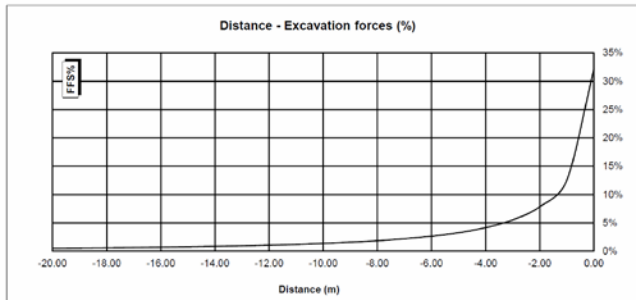


INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27300	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	4.9
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	3.4
Peak internal friction angle [°]	36.23	Plastic zone thickness [m]	4.7
Post peak internal friction angle [°]	28.85	<b>Equilibrium 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 [%]



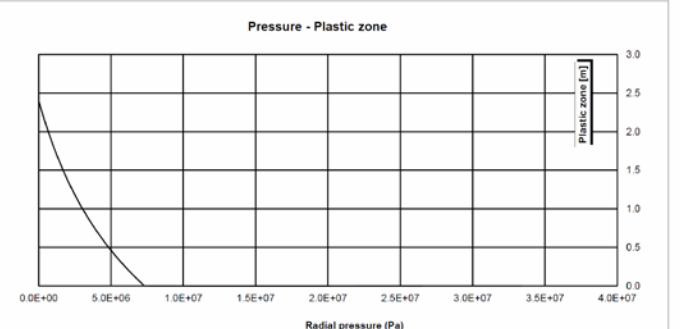
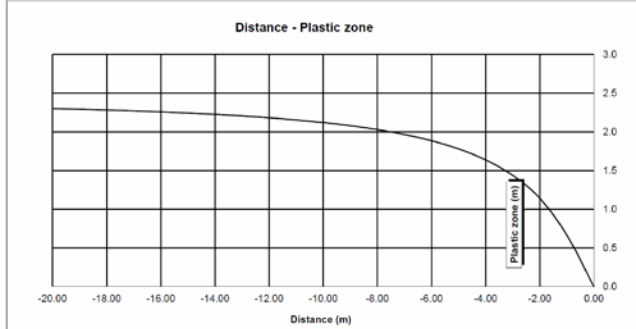
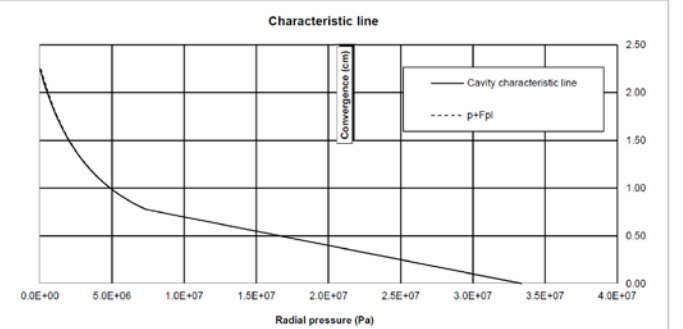
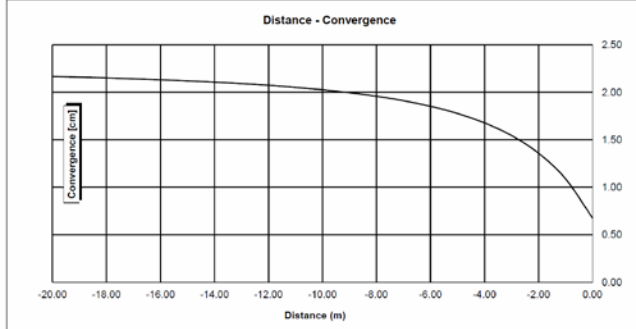


### 14\_GA-BCA-A-10g

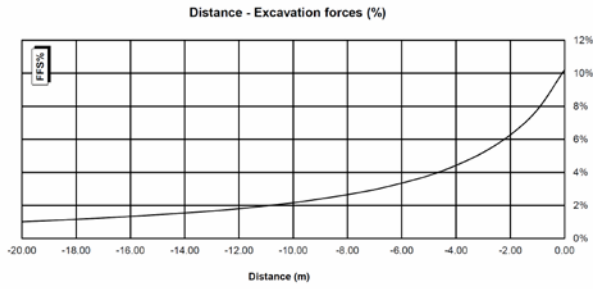
INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27800	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	2.3
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	1.6
		Plastic zone thickness [m]	2.4
Peak internal friction angle [°]	42.21	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak 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 [%]



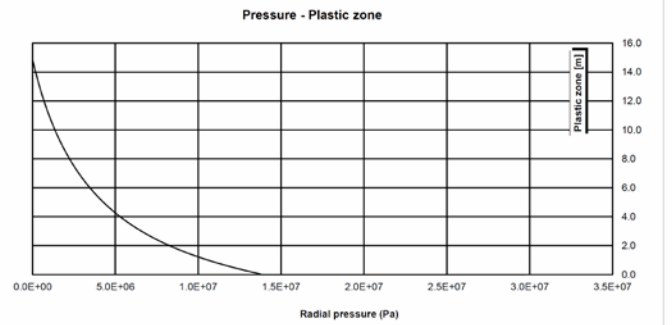
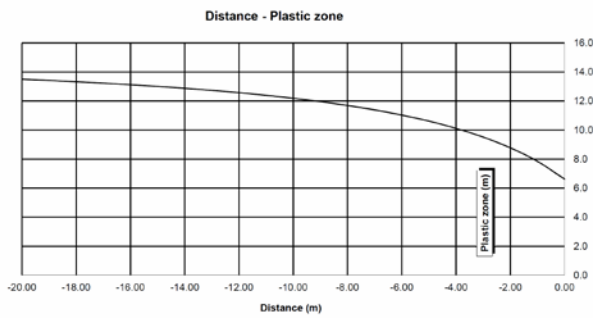
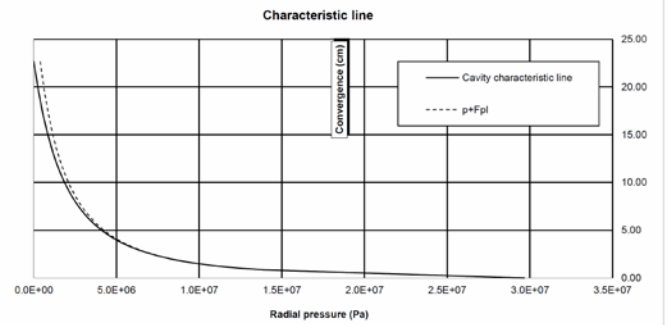
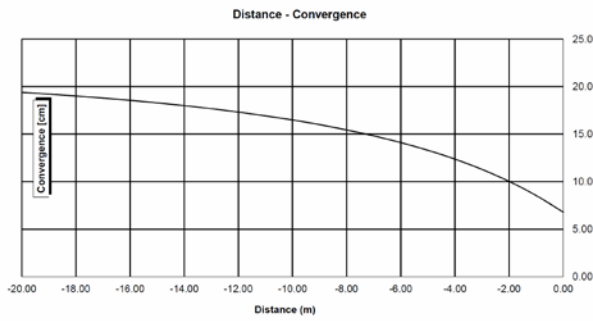
13\_GA-BST-KS-8f



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**

Der Anhang 3 führt die Ergebnisse der Bruchkörperanalyse an, die mit dem Rechenprogramm UNWEDGE 3.0 erstellt wurden. Die Tabellen enthalten den minimalen Sicherheitsfaktor für jeweils drei Trennflächen an, die die einzelnen Homogenbereiche kennzeichnen. Die Grafiken führen hingegen nur die jeweils drei ungünstigsten Trennflächen an.

### **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)

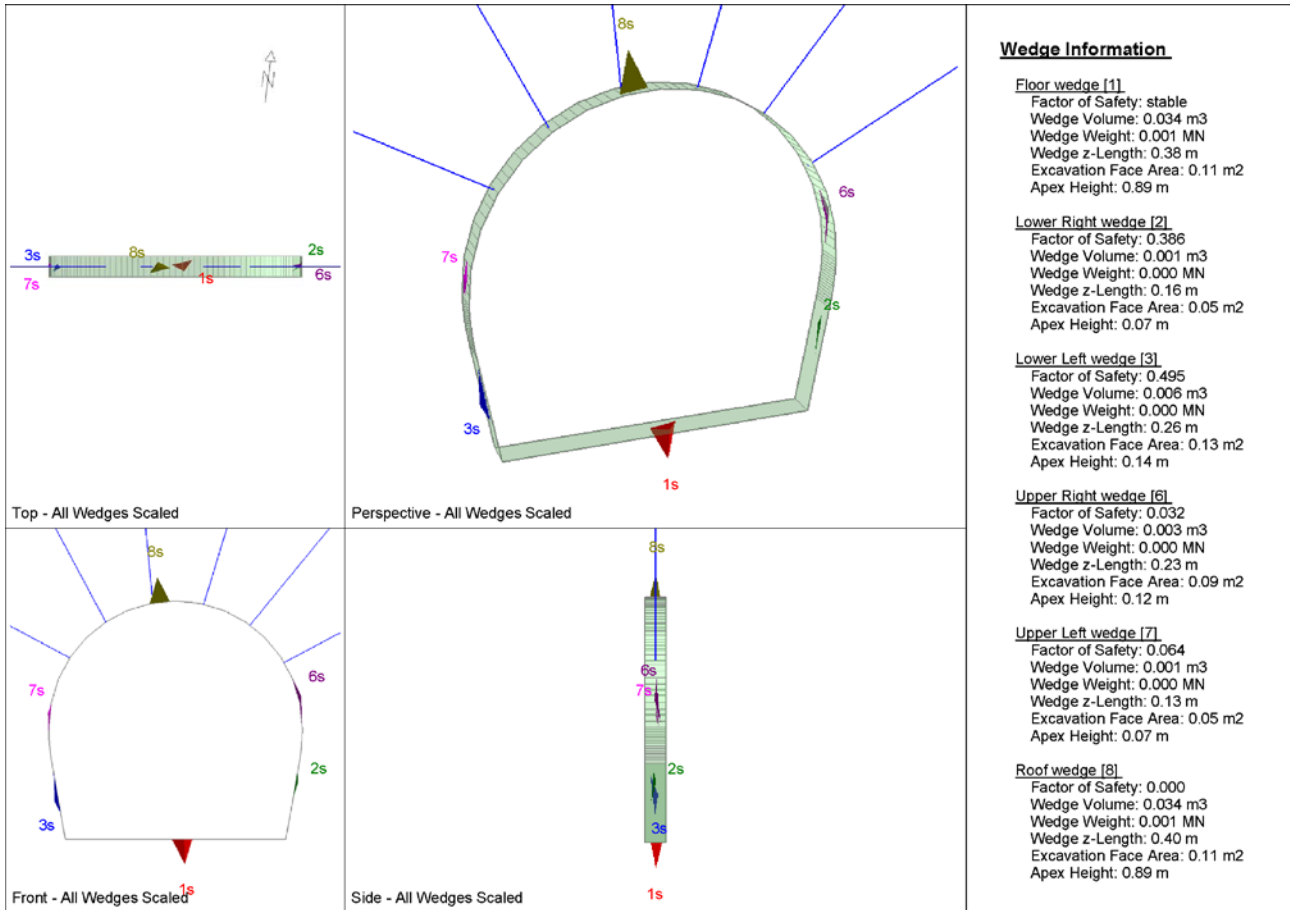
		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swelllex 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

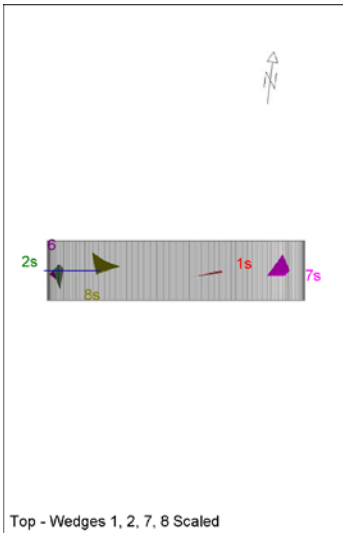
		Joint Orientations		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

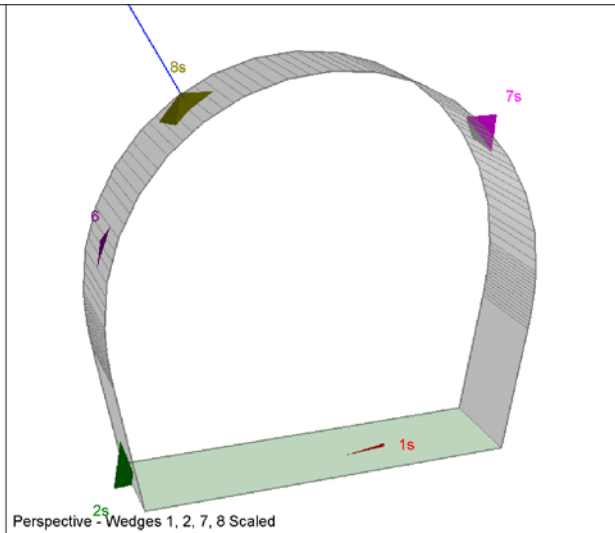
1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swelllex Pm24	$N_{yd}$	174	kN
Shotcrete lining	10	cm	(Shear strength 0.91 MPa)

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

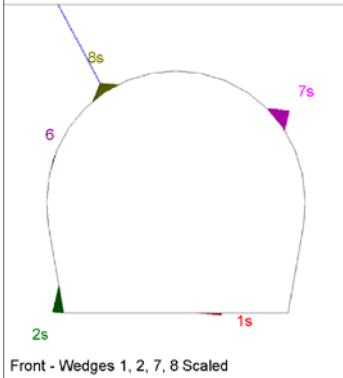
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1	1	2	3	98.34	0.002	0.069	S	0.57
2	1	4	5	112.14	0.003	0.099	S	0.64
3	2	4	5	128.356	0.001	0.034	S	0.89
4	3	4	5	146.977	0.001	0.023	S	0.93
5	1	3	4	159.937	0	0.017	S	0.20
6	1	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



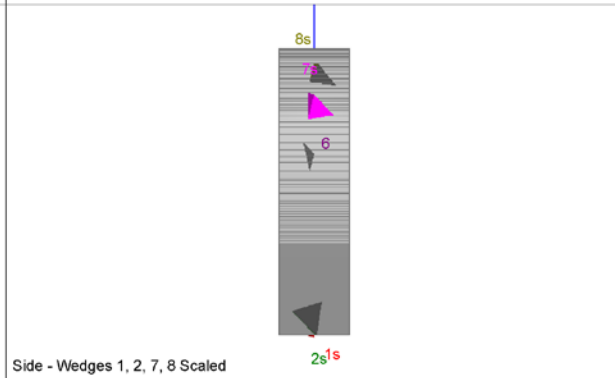
Top - Wedges 1, 2, 7, 8 Scaled



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

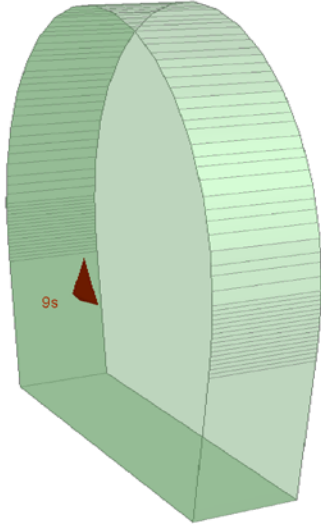
		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c	$\varphi_d$
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	45	345	3	20	0	16.23
J2	RTF1	80	160	1	20	0	16.23
J3	RTF2w	75	255	1	20	0	16.23
J4	RTF3	85	300	1	20	0	16.23
J5	RTF6	80	20	3	20	0	16.23

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

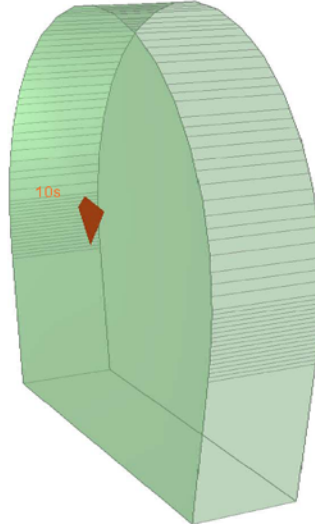
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	71.781	0.001	0.022	S
2	1	2	4	90.563	0.001	0.019	S
3	1	4	5	114.623	0	0.009	S
4	1	3	5	144.94	0	0.01	S
5	2	4	5	203.803	0	0.003	S
6	2	3	5	210.647	0	0.003	S
7	1	2	5	212.669	0	0.002	S
8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

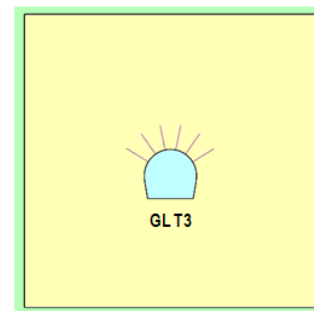
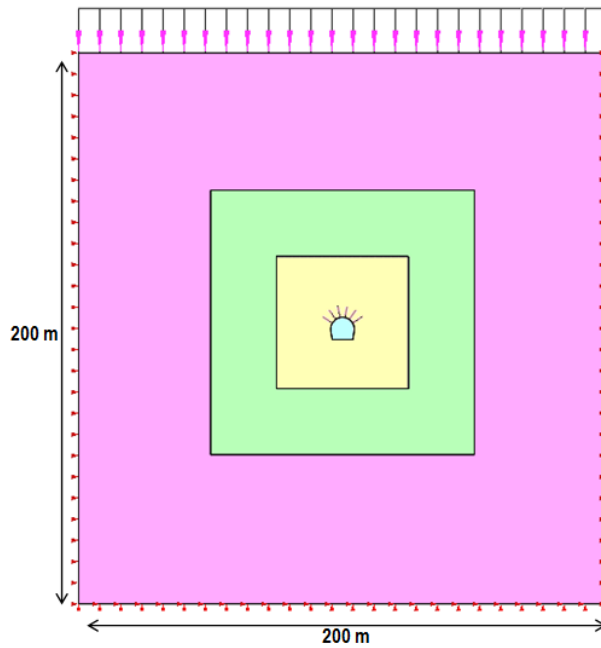
Far End wedge [10]  
Factor of Safety: 71.781  
Wedge Volume: 0.022 m3  
Wedge Weight: 0.001 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Excavation Face Area: 0.38 m2  
Apex Height: 0.17 m

## ANHANG 4 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE

Diese Anlage führt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Schnitts GL-T3 an, die mit dem Rechenprogramm Midas GTS durchgeführt wurden.

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

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



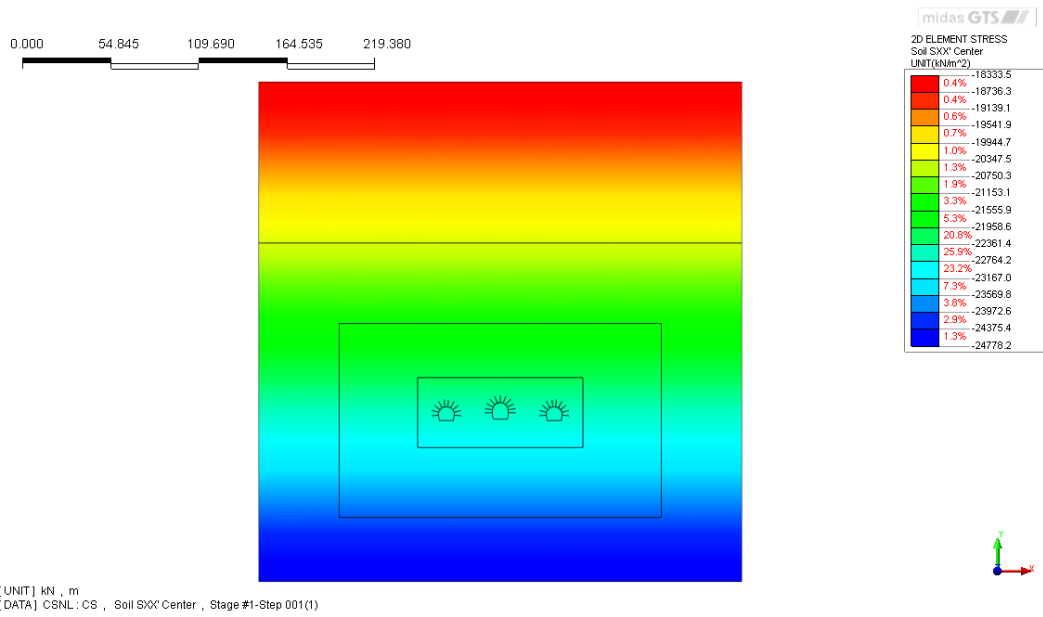


Abbildung 1: Lithostatische Fase - vertikale Spannung [kN/m<sup>2</sup>]

Illustrazione 1: Fase litostatica - tensioni verticali [kN/m<sup>2</sup>]

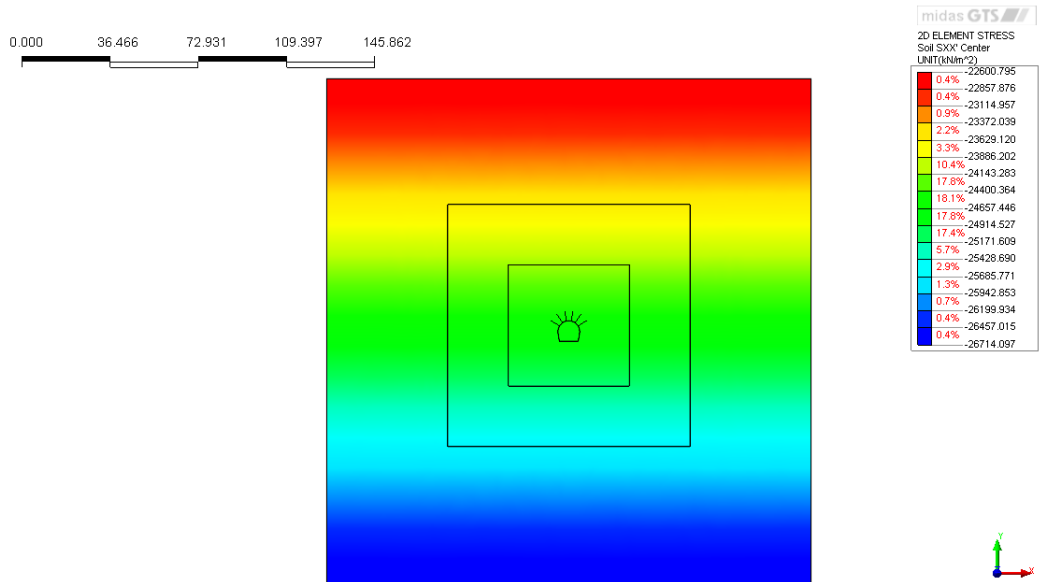


Abbildung 2: Lithostatische Fase - horizontale Spannung [kN/m<sup>2</sup>]

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

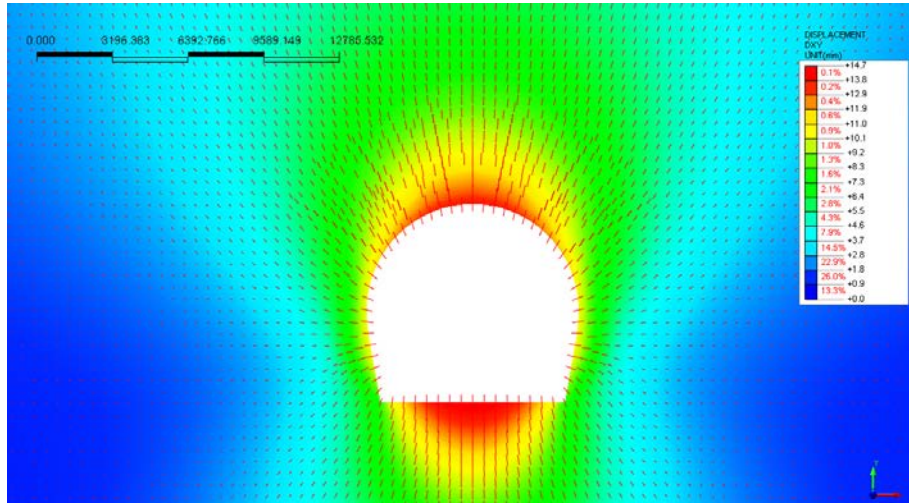


Abbildung 3: Verschiebungen xy [mm] an der Ortsbrust

Illustrazione 3: Spostamenti xy [mm] al fronte

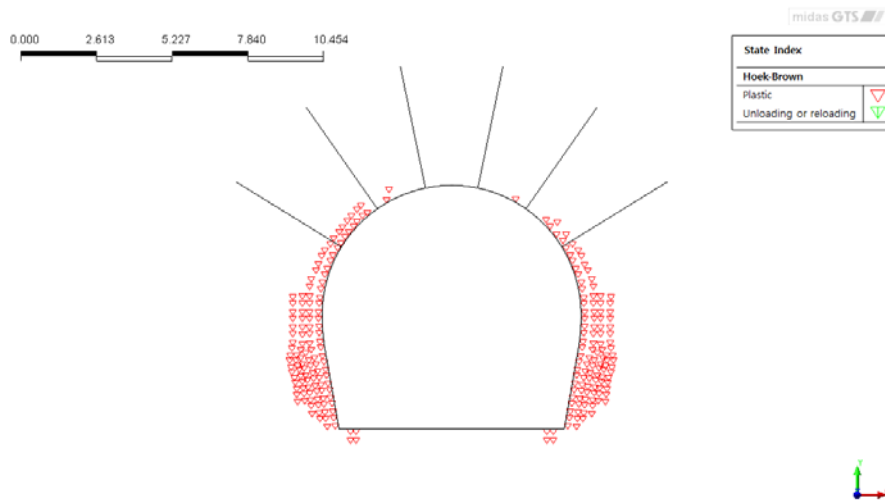


Abbildung 4: Plastifizierung an der Ortsbrust

Illustrazione 4: Plasticizzazione al fronte

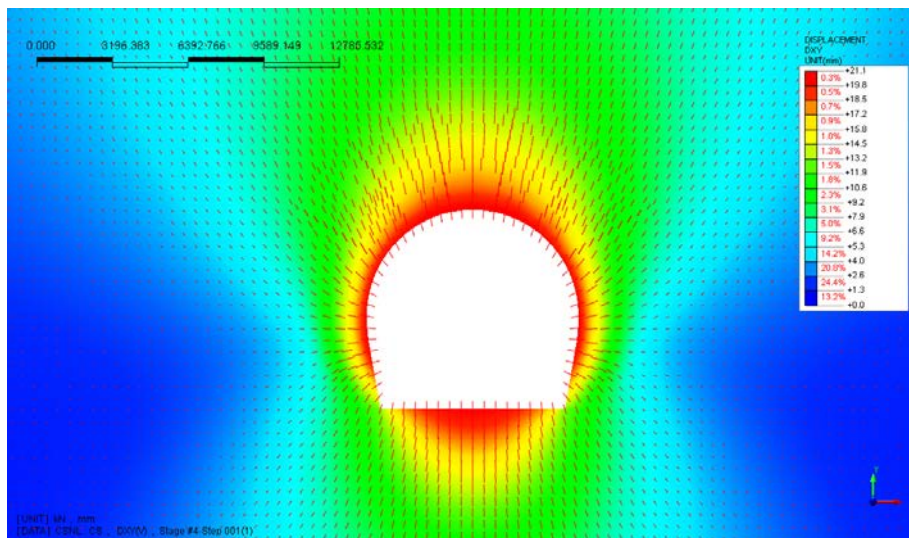


Abbildung 5: Verschiebungen xy [mm] in 3.0 m Entfernung von Ortsbrust

Illustrazione 5: Spostamenti xy [mm] a 3.0m dal fronte

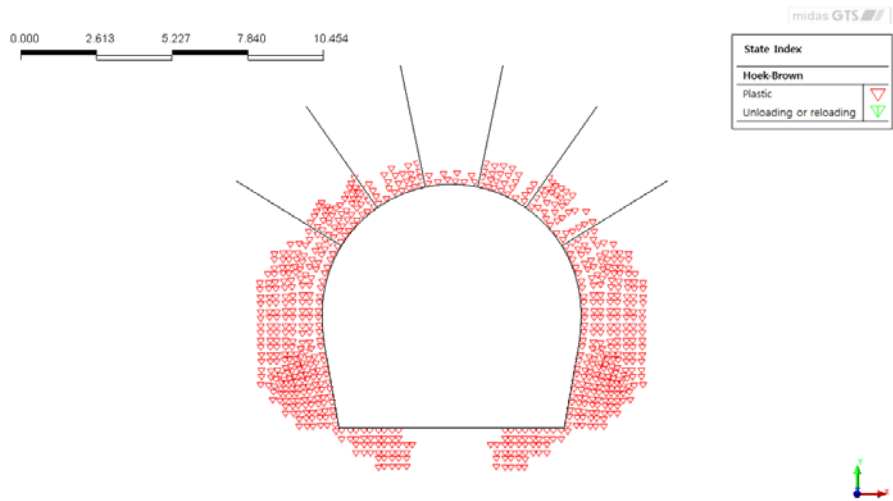


Abbildung 6: Plastifizierung in 3.0 m Entfernung von Ortsbrust

Illustrazione 6: Plasticizzazioni a 3.0m dal fronte

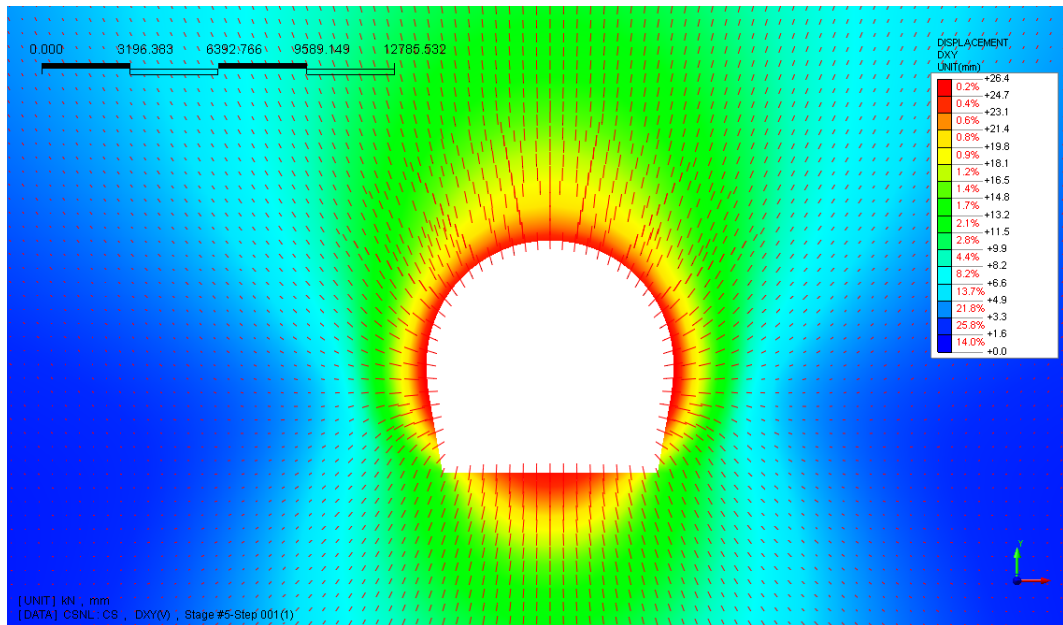


Abbildung 7: Verschiebungen xy [mm] am Ende des Aushubs

Illustrazione 7: Spostamenti xy [mm] fine scavo



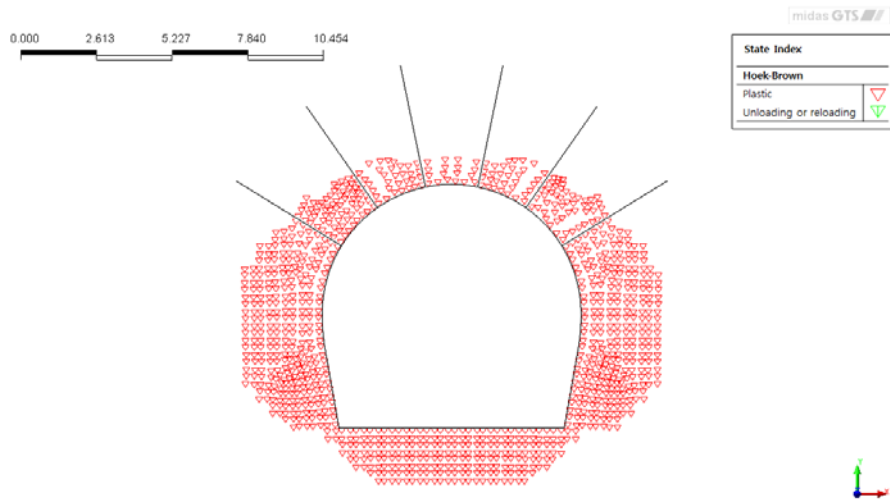


Abbildung 8: Plastifizierung am Ende des Aushubs

Illustrazione 8: Plasticizzazioni fine scavo

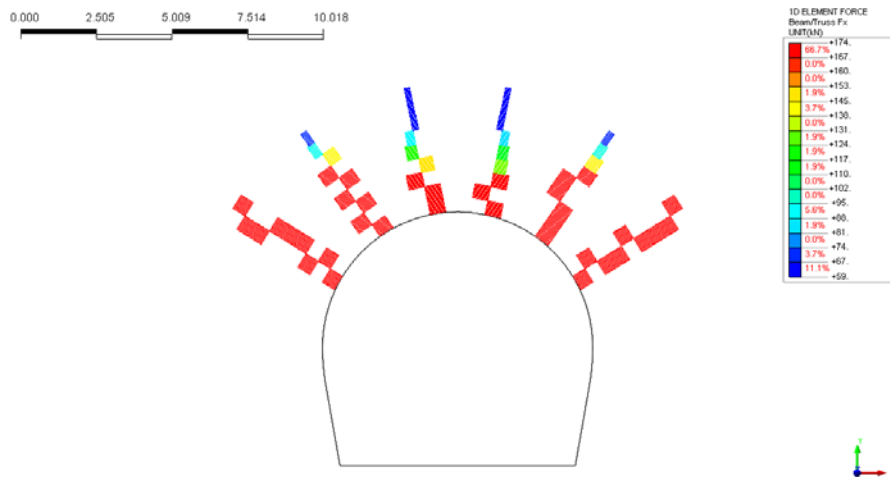


Abbildung 9: Axiale Einwirkungen an den Nägeln [kN]

Illustrazione 9: Azione assiale nei chiodi [kN]

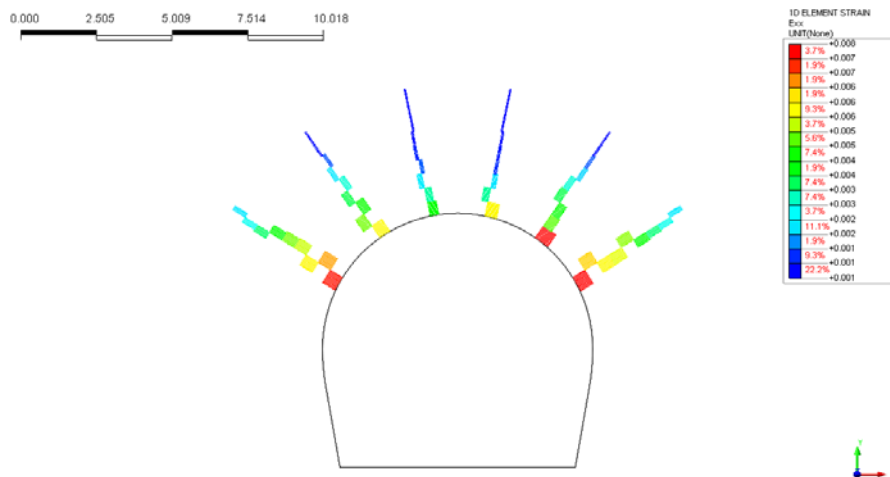


Abbildung 10: Axiale Verformungen der Nägel [-]

Illustrazione 10: Deformazione assiale nei chiodi [-]

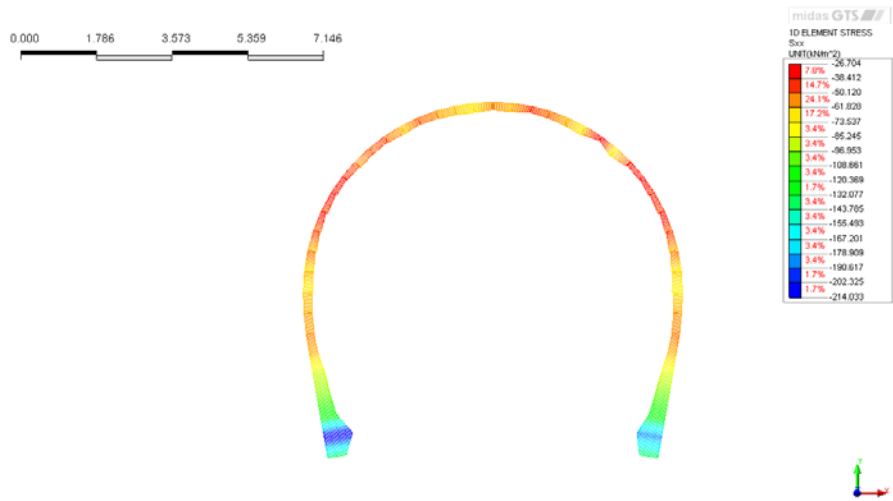


Abbildung 11: Normaldruck auf dem Innenausbau (GL-T3)

Illustrazione 11: Pressioni normali sul rivestimento definitivo (GL-T3)

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

Die Anlage 5 führt die grafischen Darstellungen der wichtigsten Inputs- und Outputs der FEM-Analysen für den Innenausbau an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen. durchgeführt wurden, sowie die Nachweisverfahren GZT und GZG.

## **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

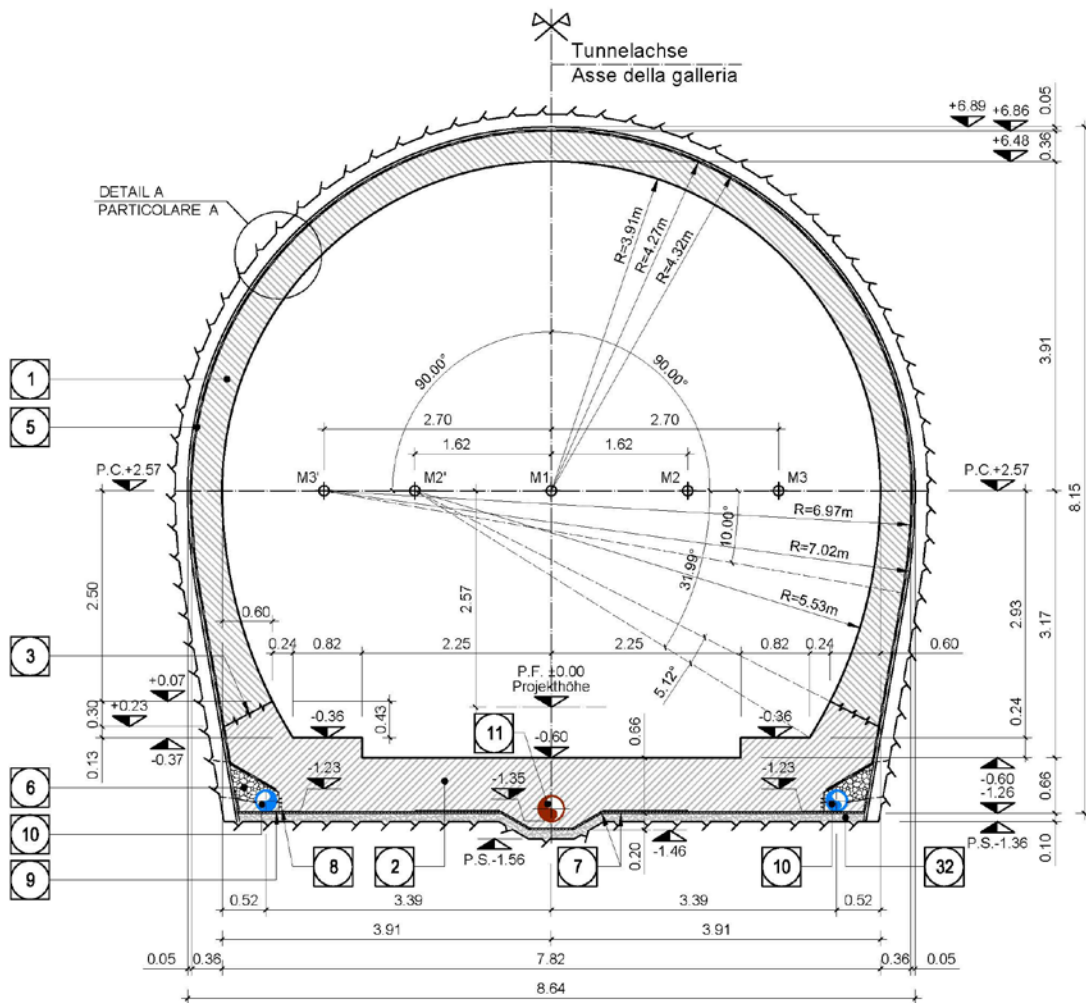


Figure 1 GL-T2-T3 cross section

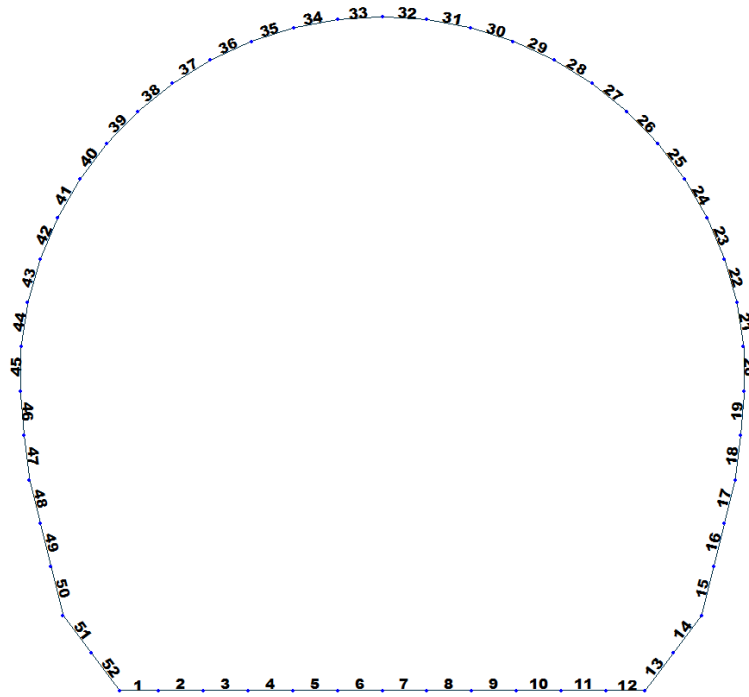


Figure 2 Elements number

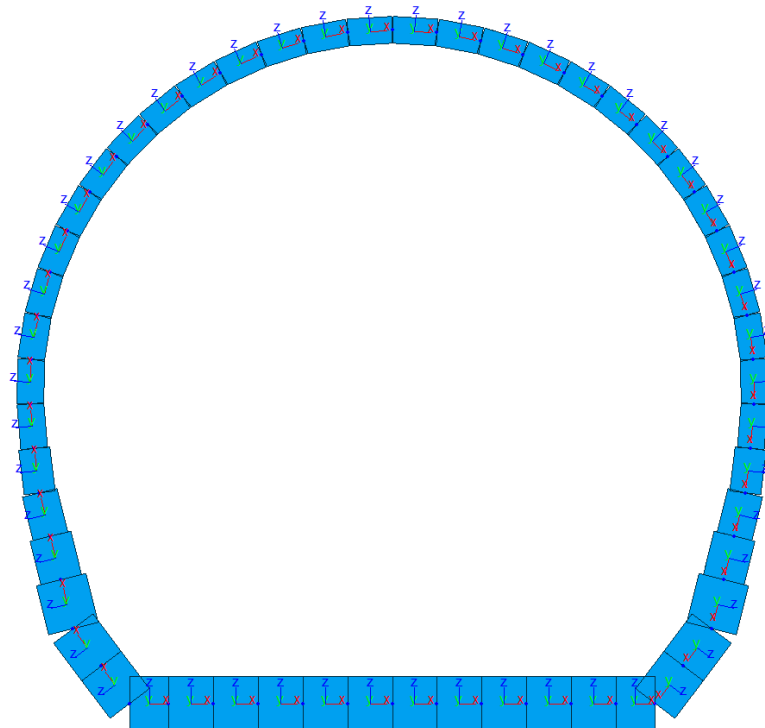


Figure 3 Elements local axis

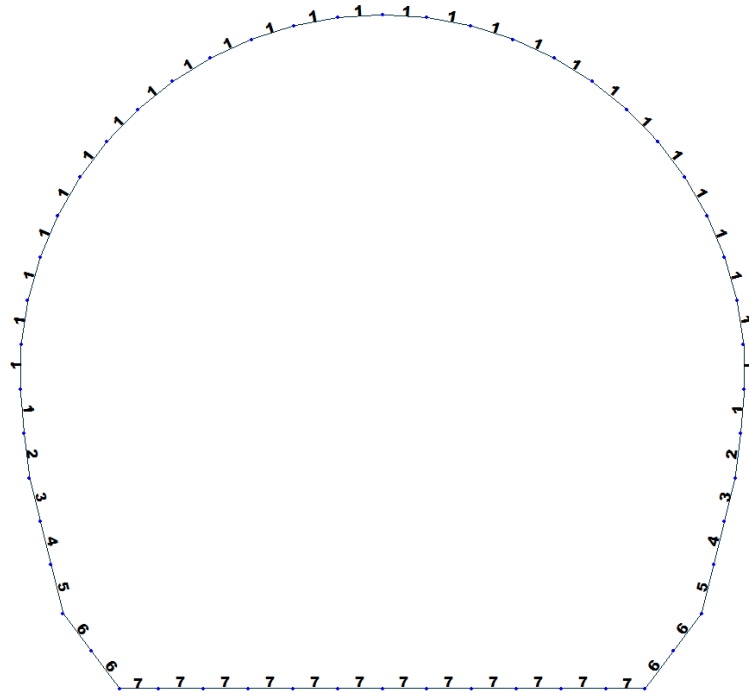


Figure 4 Element section property for T2 and T3 cross section (GL-T2-T3)

Table 1 Section properties for T2 and T3 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 T2 and T3 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

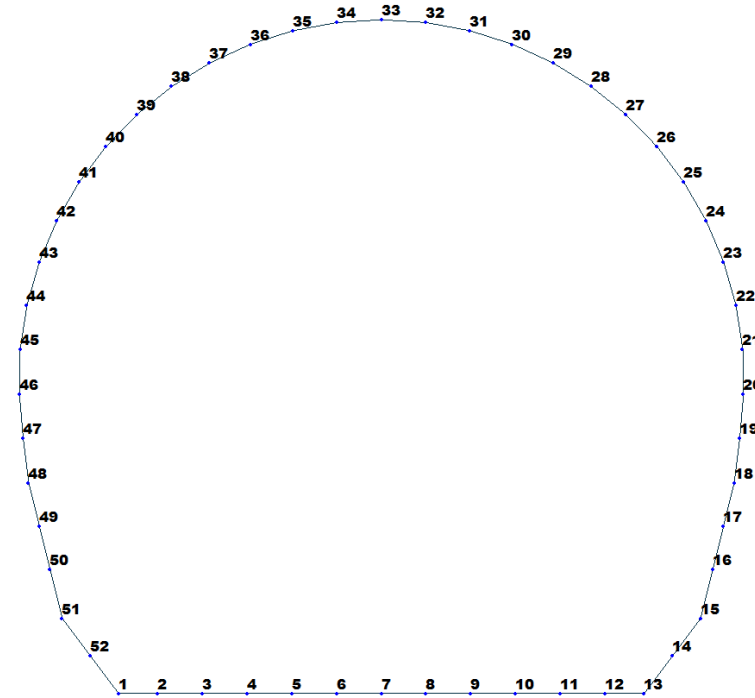


Figure 5 Node numbering

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
36	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)
	Linear											
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 T2 and T3 cross section (GL-T2-T3)

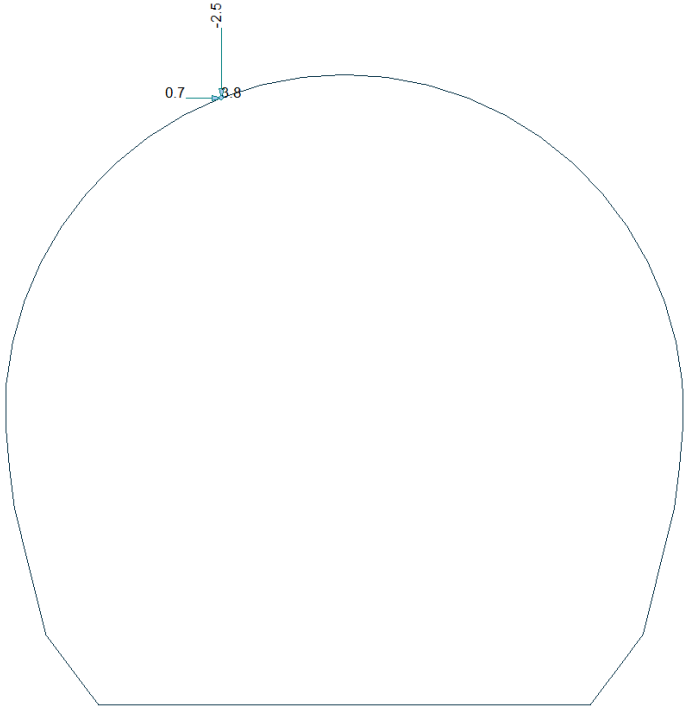


Figure 6 Load G2

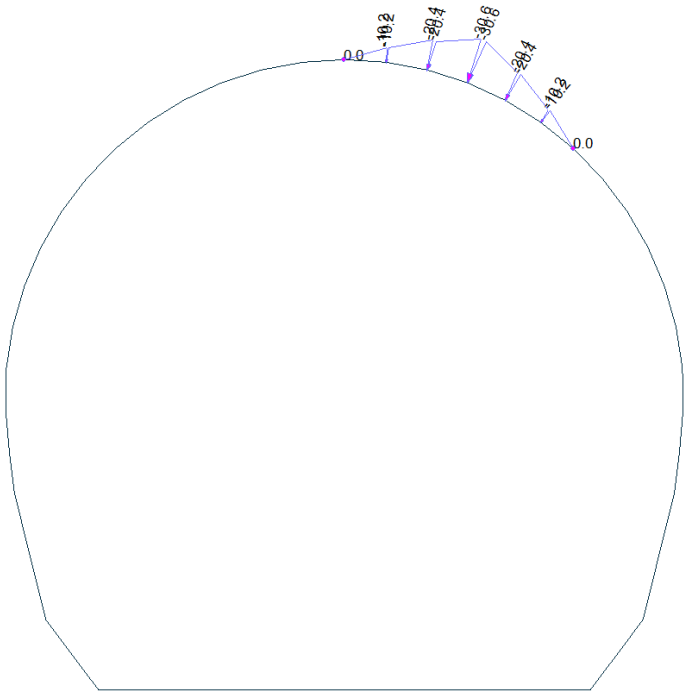


Figure 7 Load G5 – Block analysis

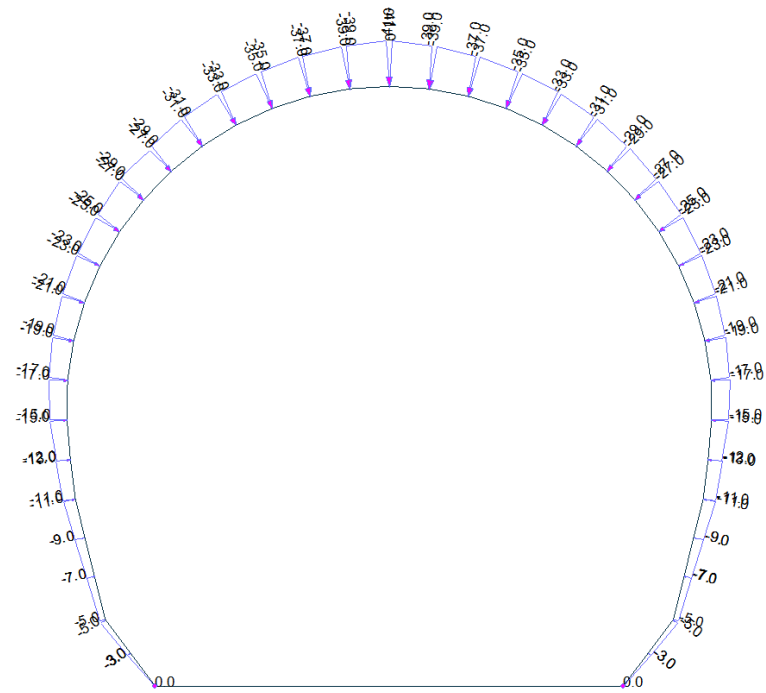


Figure 8 Load G5 – FEM analysis

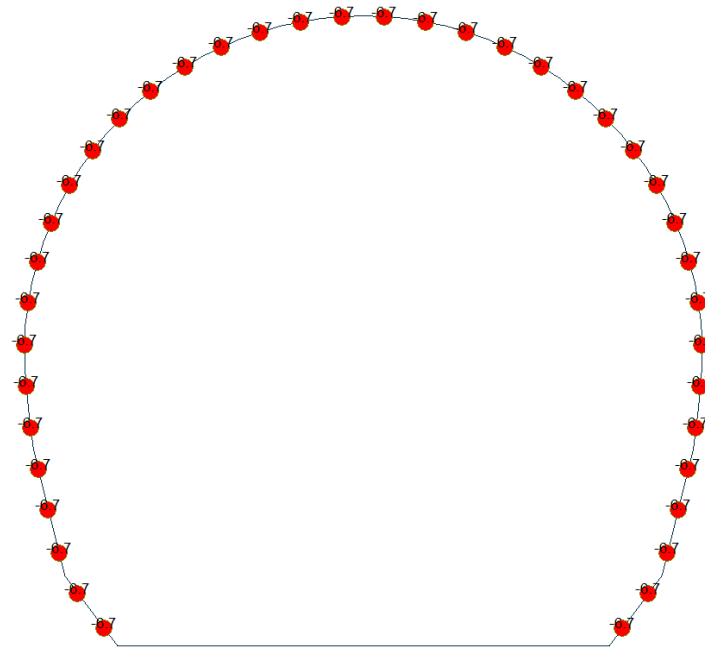


Figure 9 Load G6 SLU

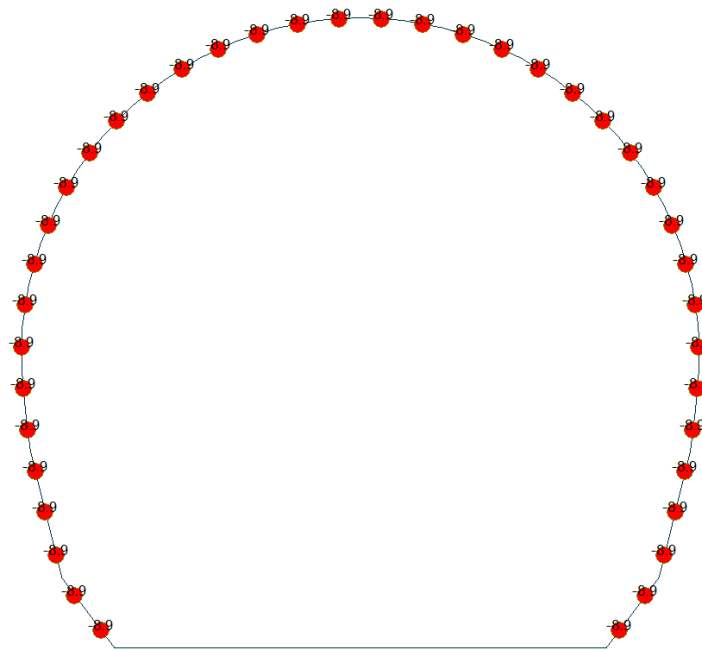


Figure 10 Load G6 SLE



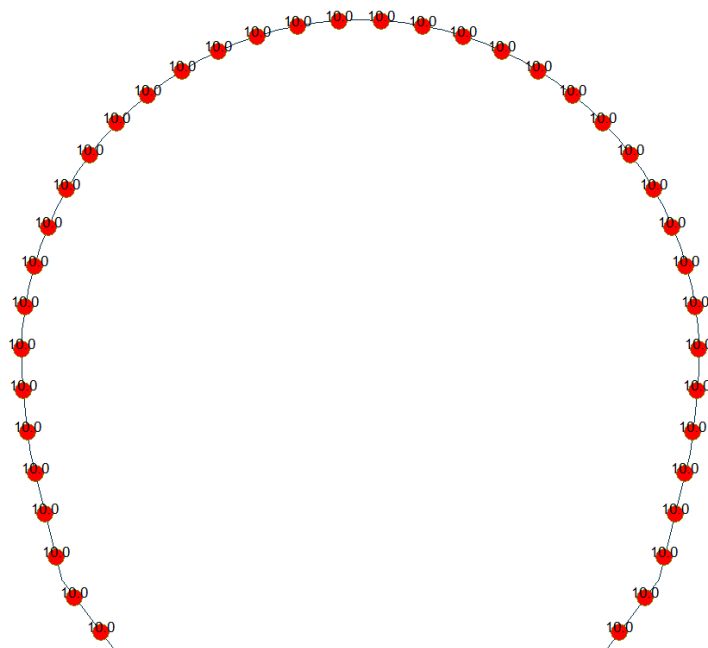


Figure 11 Load Q1 E (Costant temperature)

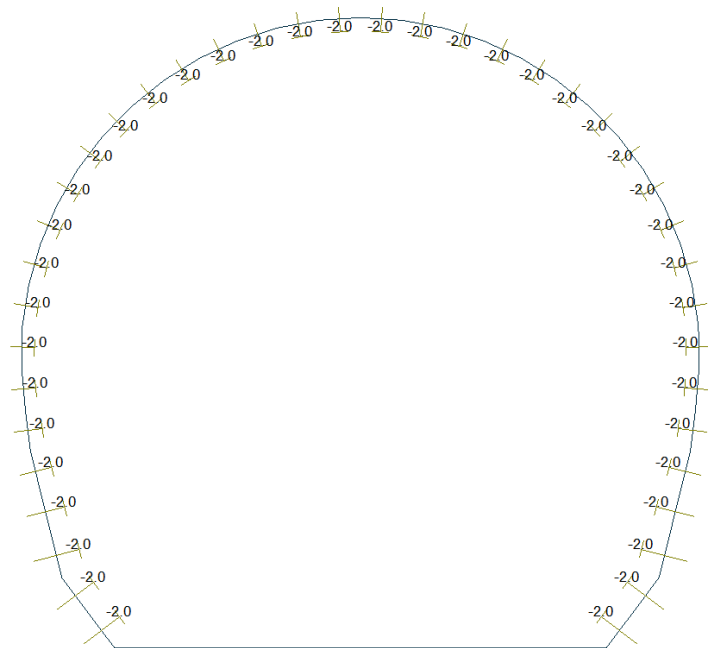


Figure 12 Load Q1 E (Temperature gradient)

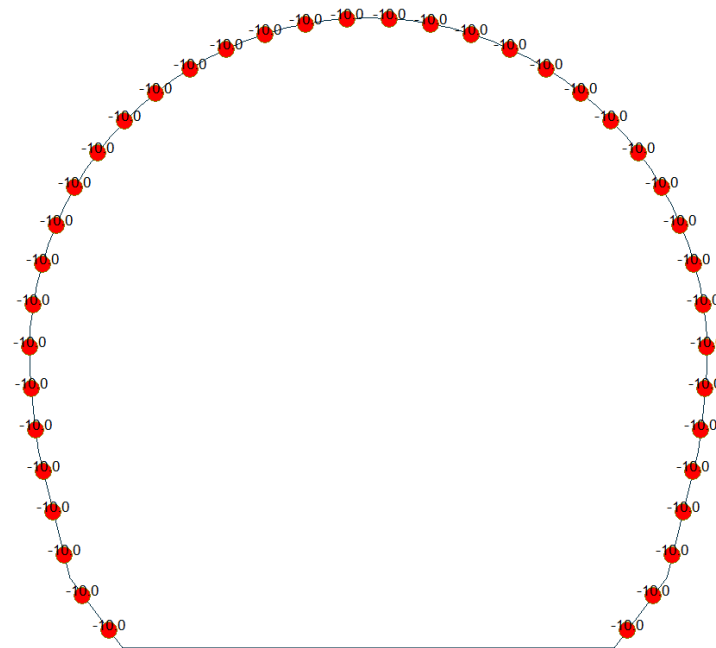


Figure 13 Load Q1 I (Constant temperature)

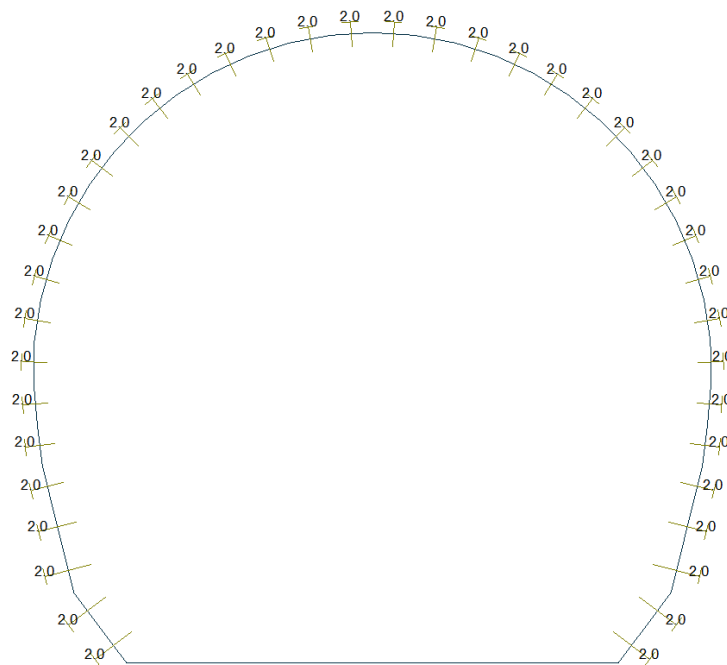


Figure 14 Load Q1 I (Temperature gradient)

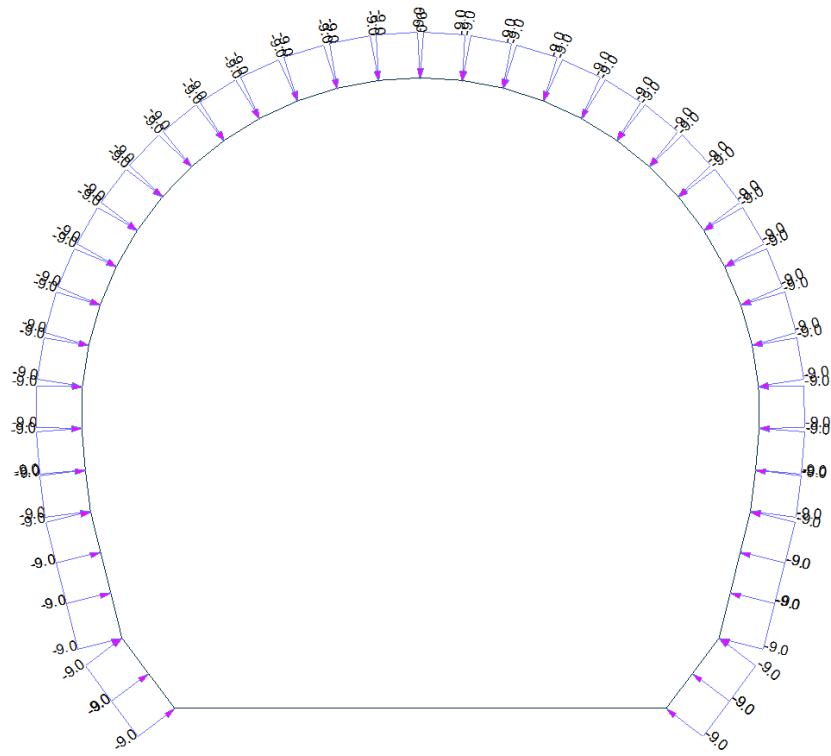


Figure 15 Load A1 aspiration

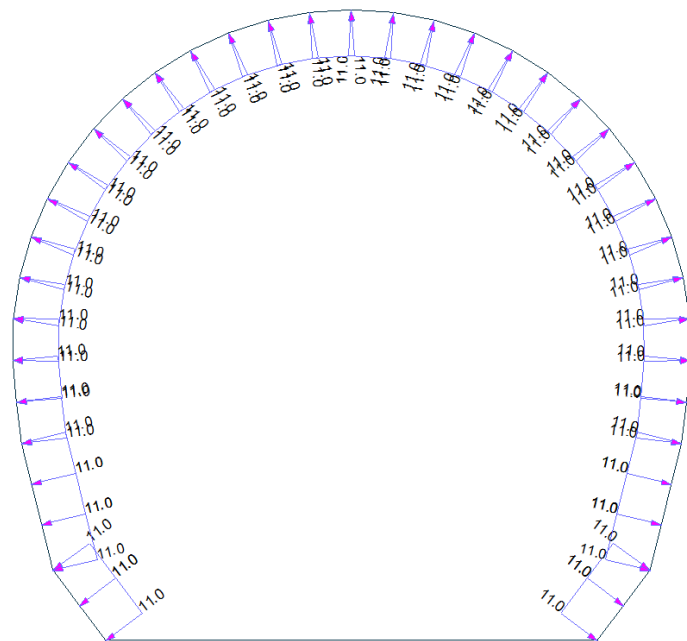


Figure 16 Load A1 pression

### A.5.3. Load combinations

#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

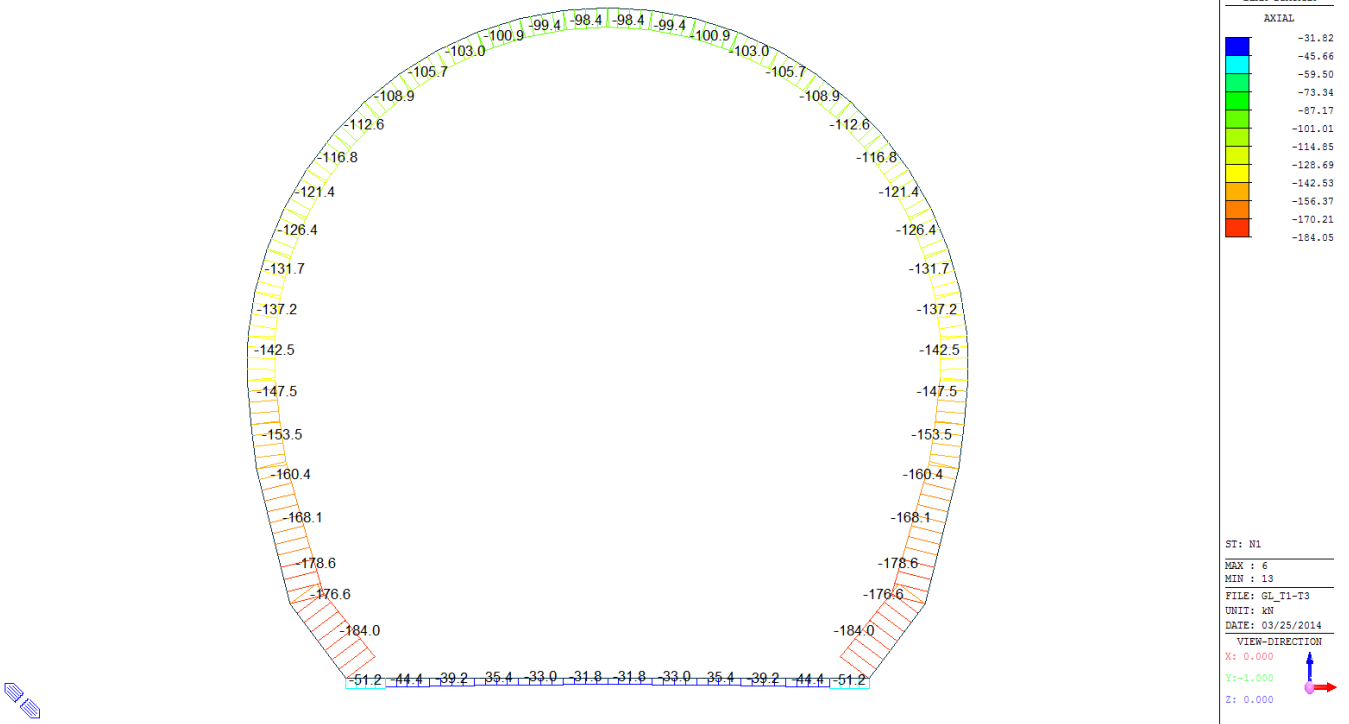
NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	1	Inactive G1( 1.350) +	Add	Q1 - E( 1.500)	
2	2	Inactive G1( 1.350) +	Add	G6 - SLU( 1.000) +	Q1 - I( 1.500)
3	3	Inactive G1( 1.350) +	Add	G2( 1.350) +	Q1 - E( 1.500)
4	4	Inactive G1( 1.350) + + Q1 - I( 1.500)	Add	G2( 1.350) +	G6 - SLU( 1.000)
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)



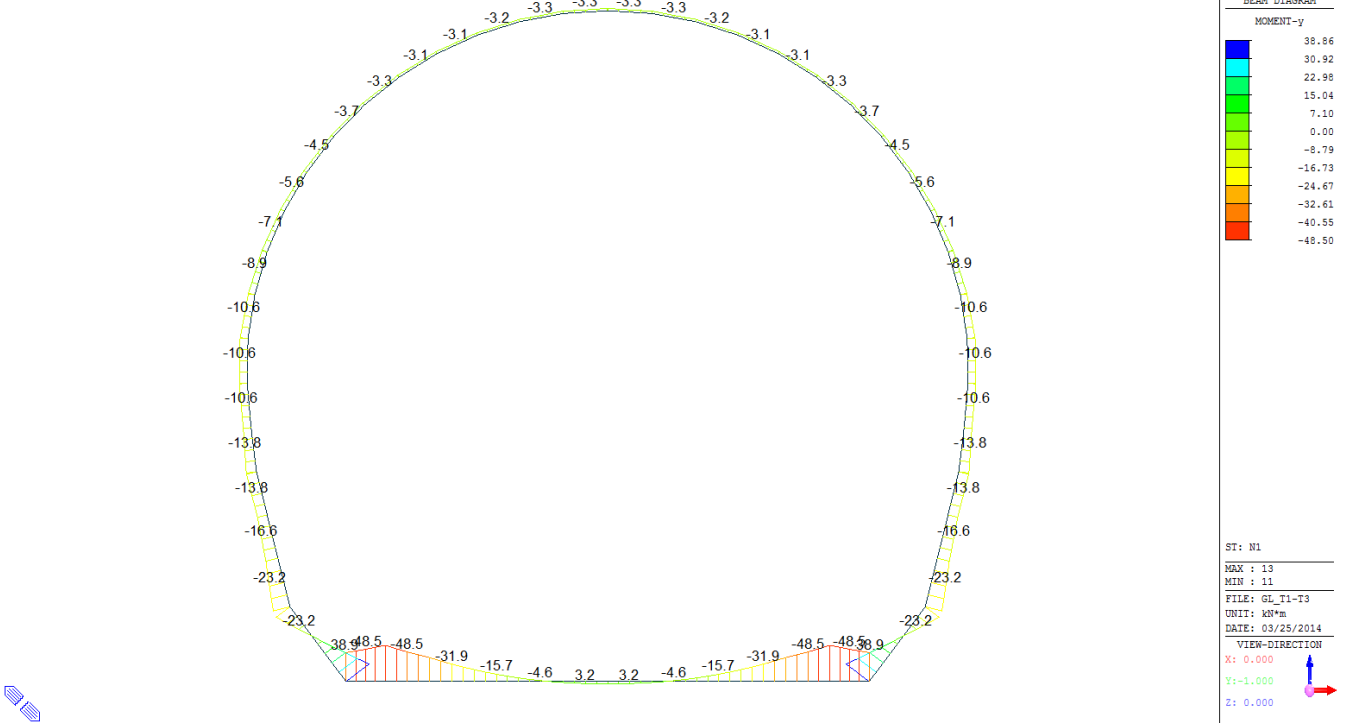
## A.5.4. Output and check result for T2 and T3 cross section (GL-T2-T3)

### A.5.4.1. Load combination SLU 1

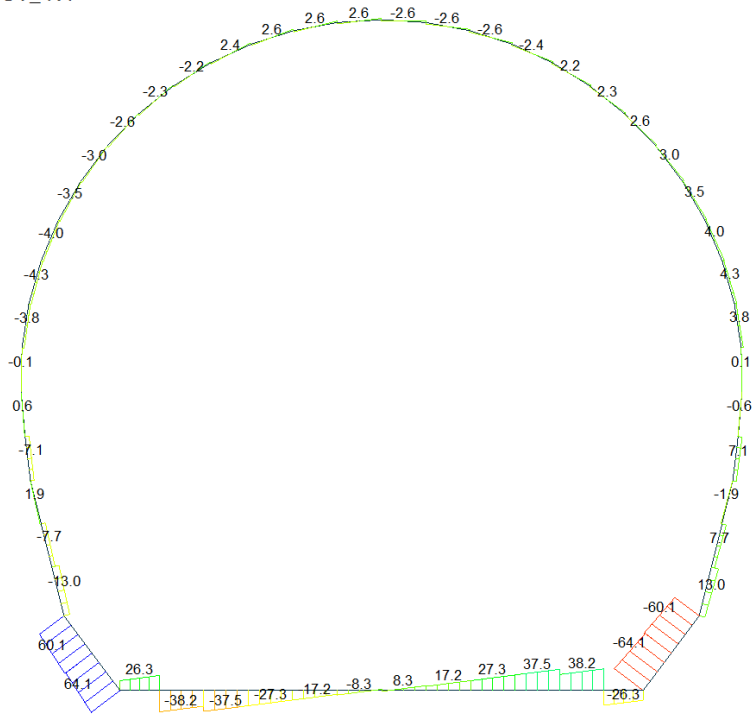
Beam Diagram\_Fx / ST\_N1



Beam Diagram\_My / ST\_N1



Beam Diagram\_Fz / ST\_N1



Midas Gen  
 POST-PROCESSOR  
 BEAM DIAGRAM  
 SHEAR-z

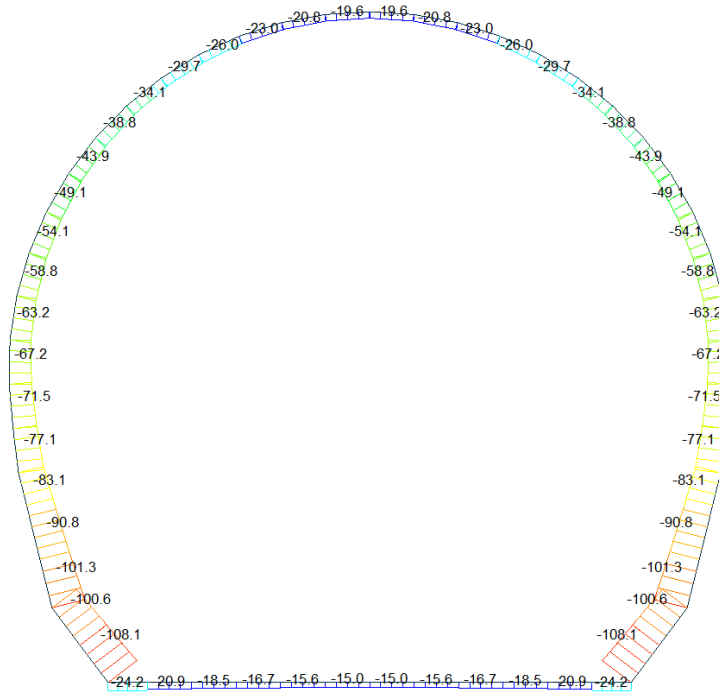
64.09
52.44
40.79
29.13
17.48
0.00
-5.83
-17.48
-29.13
-40.79
-52.44
-64.09

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



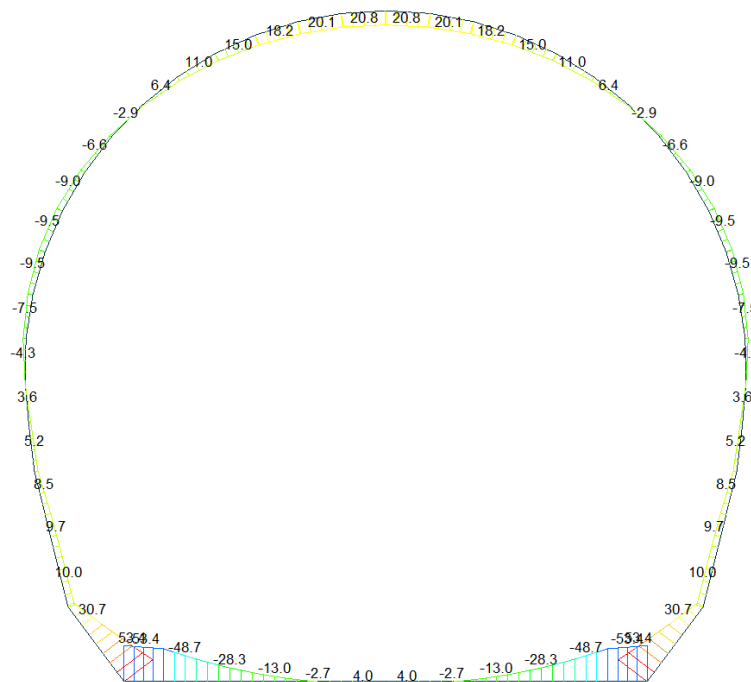
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-15.02
Cyan	-23.48
Green	-31.94
Light Green	-40.41
Yellow-Green	-48.87
Yellow	-57.33
Orange-Yellow	-65.80
Orange	-74.26
Red-Orange	-82.72
Red	-91.19
Dark Red	-99.65
Black	-108.11

ST: N2  
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\_N2



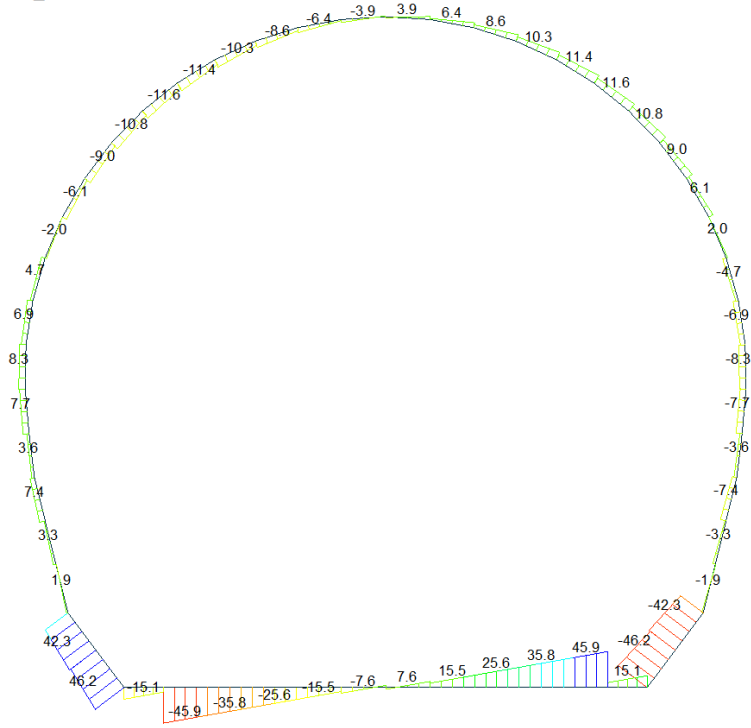
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Red	53.41
Dark Red	43.70
Red-Orange	33.99
Orange	24.28
Yellow-Orange	14.57
Yellow	4.86
Light Green	0.00
Green	-14.57
Light Green	-24.28
Cyan	-33.99
Dark Cyan	-43.70
Blue	-53.41

ST: N2  
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\_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





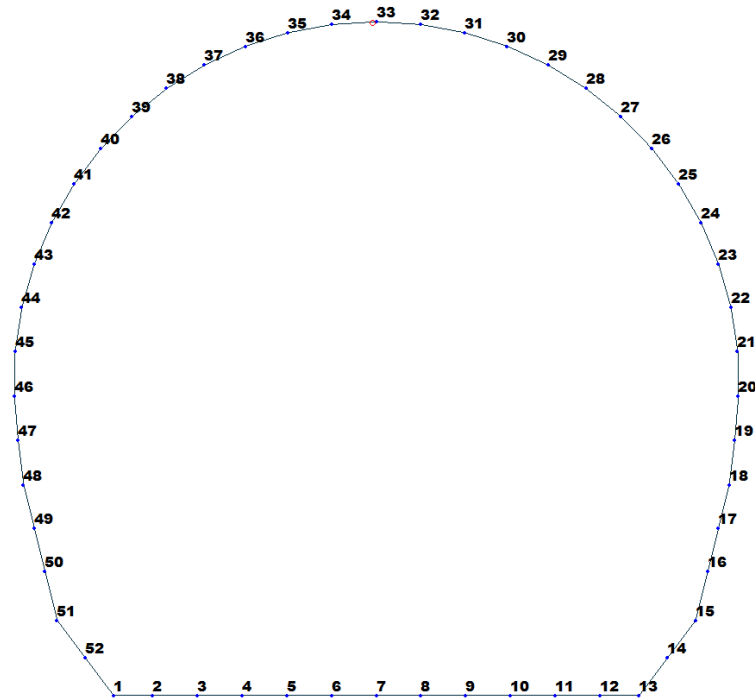


Figure 17 Beam end release

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

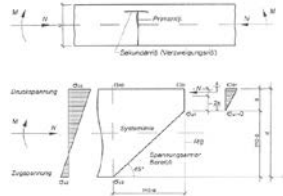
ITERAZIONE IN NODO 33

MIDAS

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

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

$C_{f_{MIDAS}} = C_{f_{PÖTTLER}}$	SI
$\Psi_{PÖTTLER} < 4 \text{ mrad}$	SI

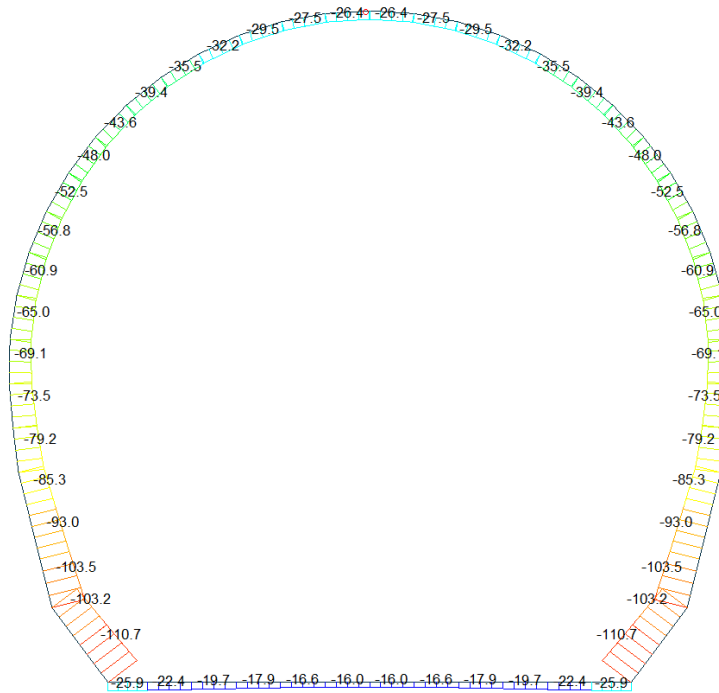


PÖTTLER

$E_c$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$d$	0.30	[m]
$e$	0.1429	[m]
$a$	0.02	[m]
$\Psi_{PÖTTLER}$	0.0011793	[rad]
$C_{f_{PÖTTLER}}$	0.0003170	[rad/kN*m]
$1/C_{f_{PÖTTLER}}$	3'154	[kN*m/rad]

1.179342

Beam Diagram\_Fx / ST\_N2

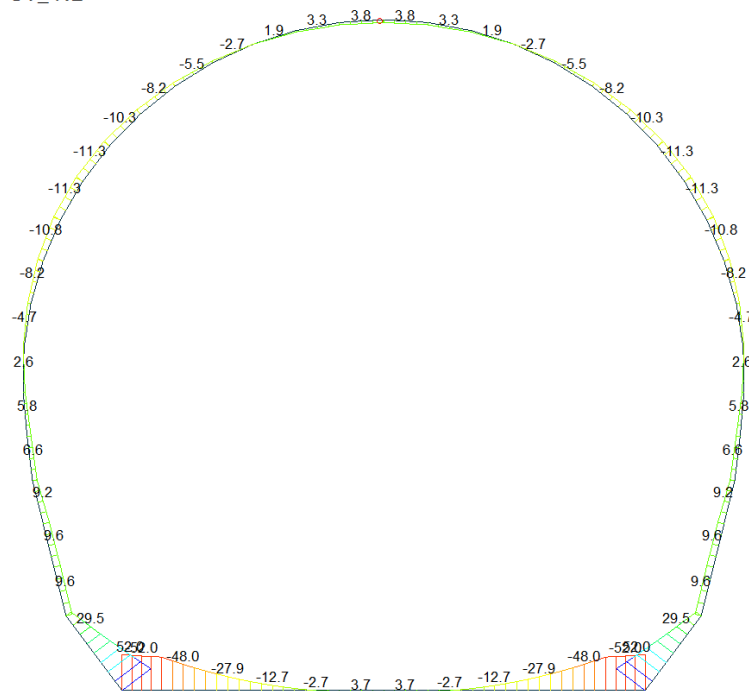


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

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



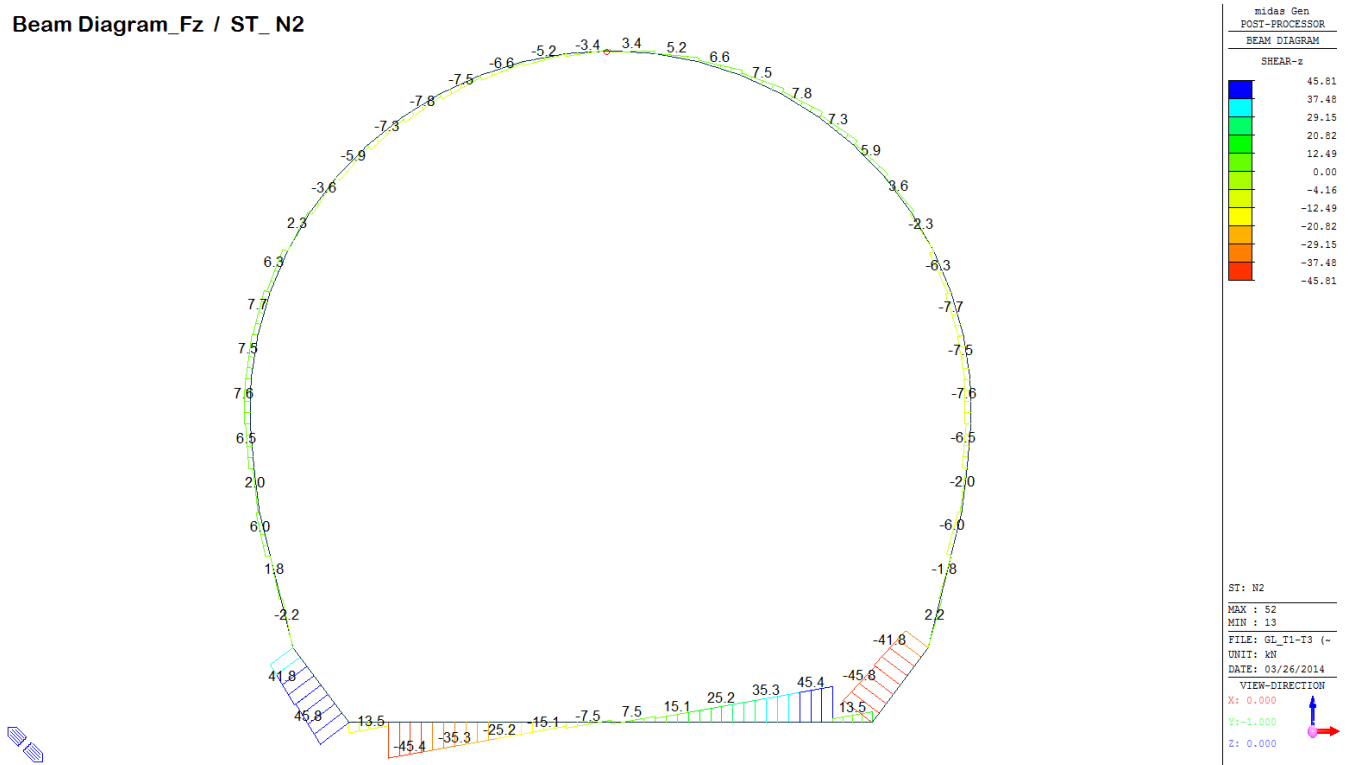
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

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

$R_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d1}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0,95}$ [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
$f_{yk,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{yk,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_g$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 33 j

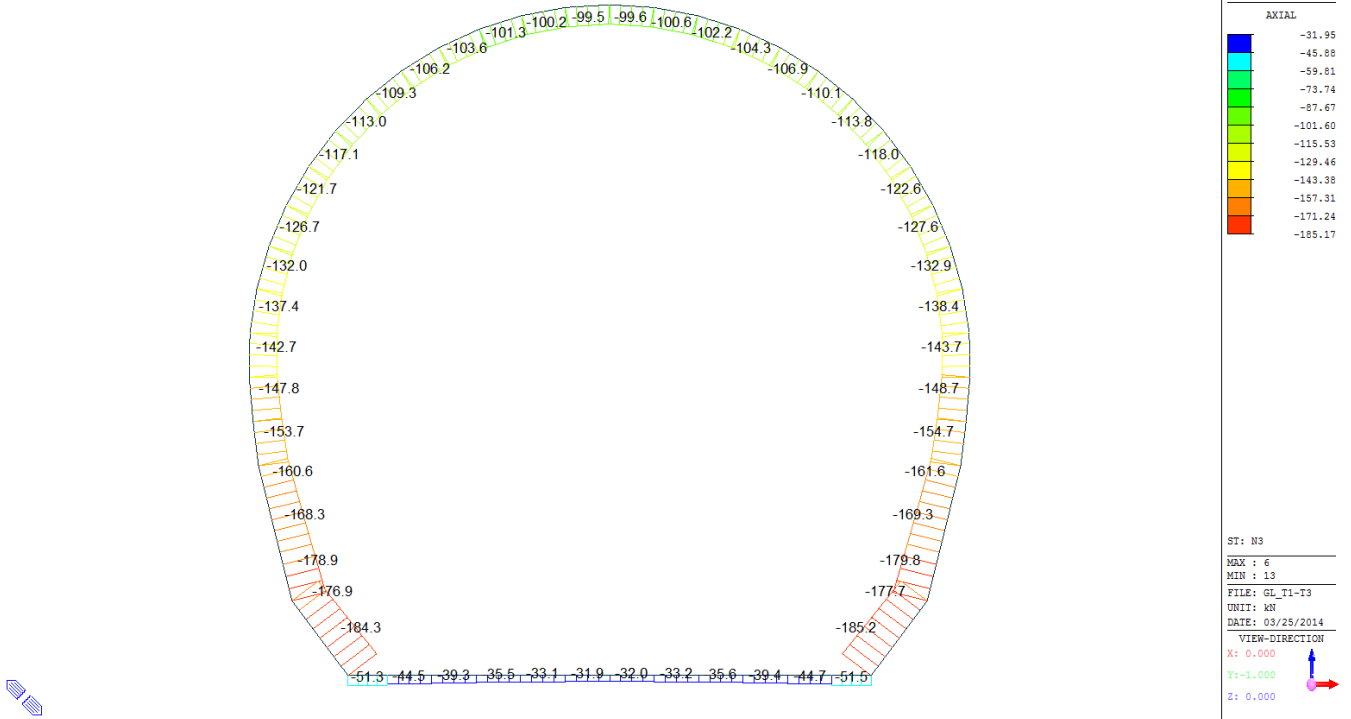
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
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]	$\Phi_{Pottier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Pottier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Pottier}$ [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> ]	$f_{evd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{evd}$
N2	33 j	0.021	1.1793420	3'120	3'154	OK	0.329	OK	1.03	0.11	7.14	1.89	OK
Iterazione ok													

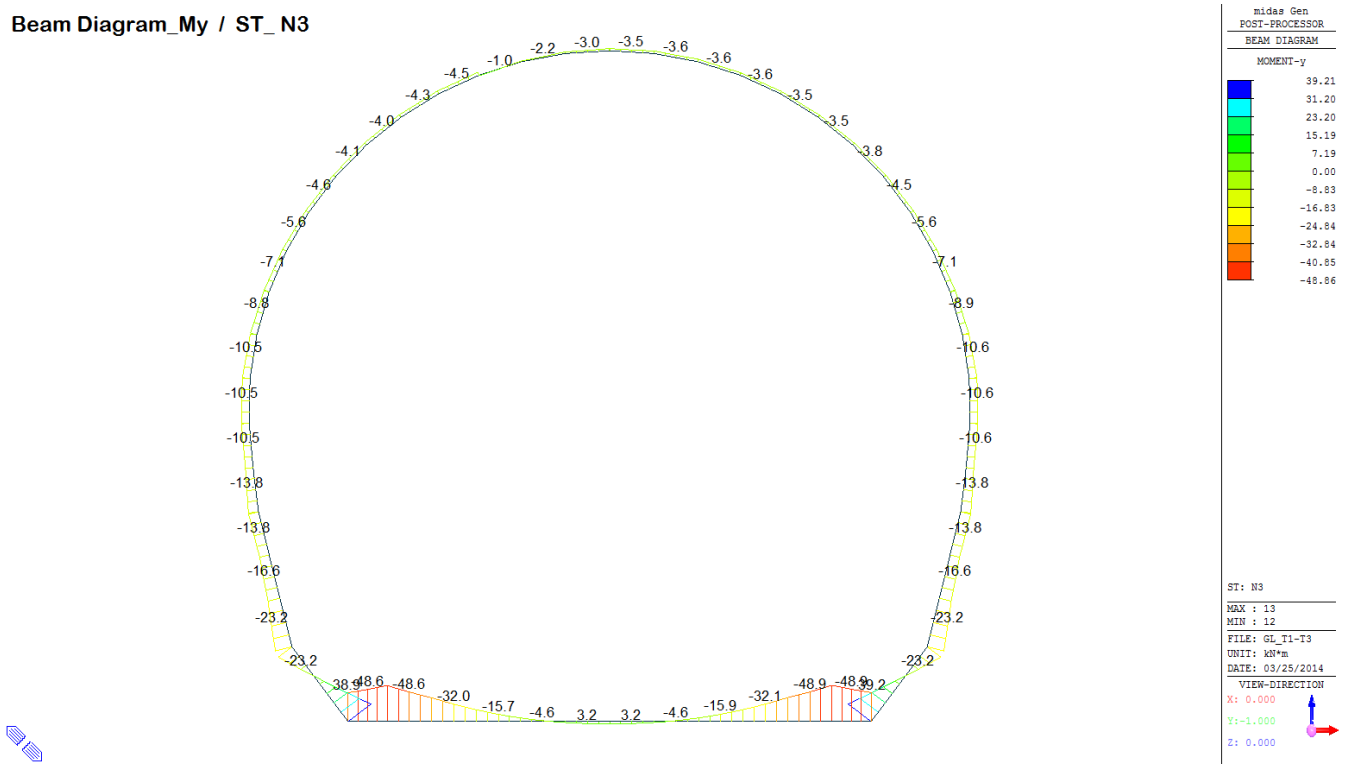


A.5.4.3. Load combination SLU 3

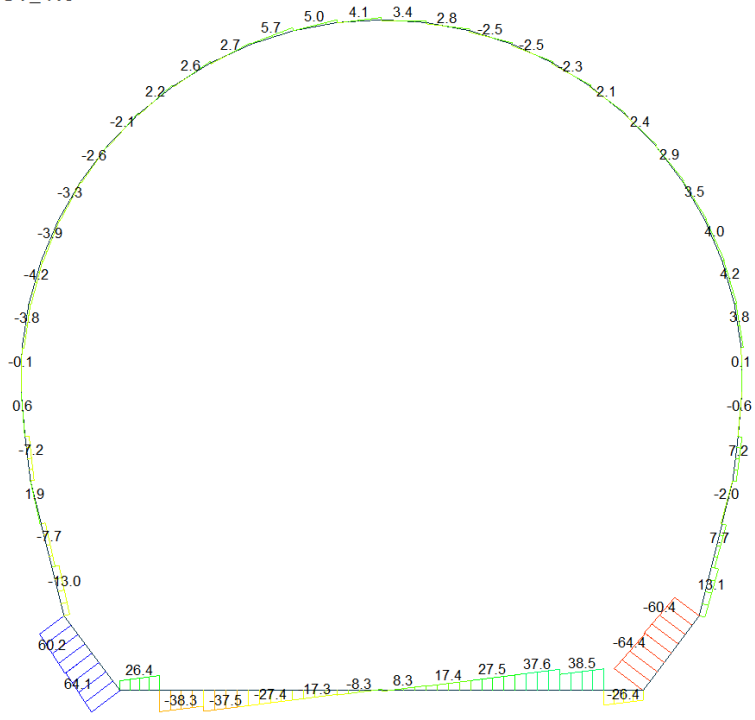
Beam Diagram\_Fx / ST\_N3



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

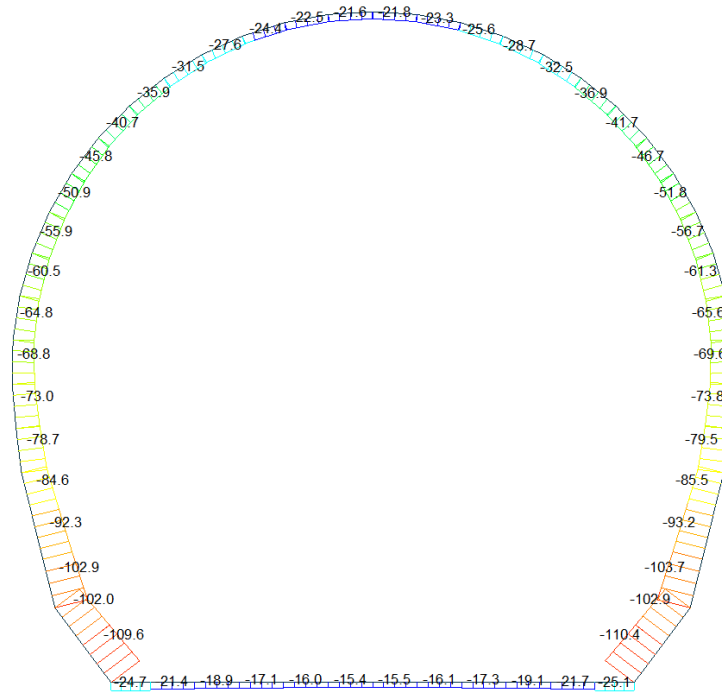
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: KN  
DATE: 03/25/2014

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



A.5.4.4. Load combination SLU 4

Beam Diagram\_Fx / ST\_N4



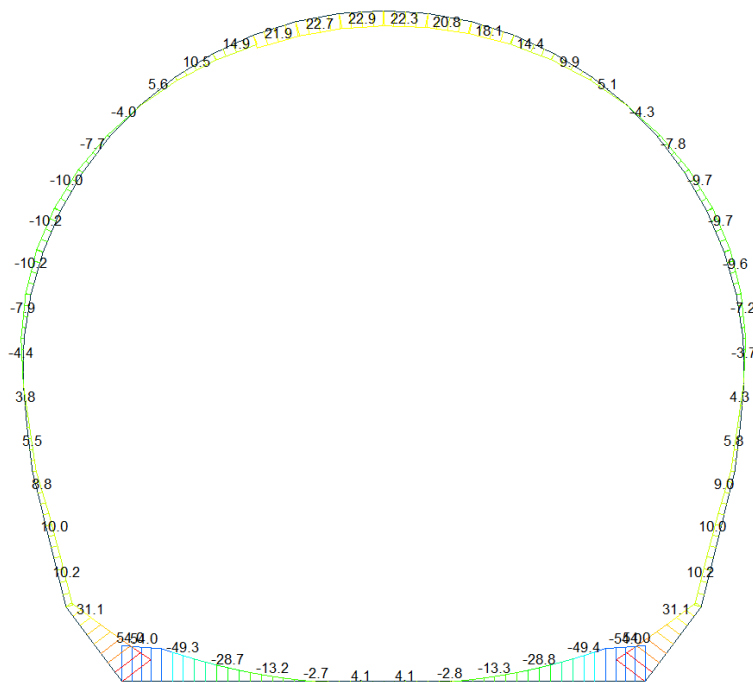
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-15.43
Cyan	-24.06
Green	-32.70
Light Green	-41.34
Yellow-Green	-49.98
Yellow	-58.61
Orange-Yellow	-67.25
Orange	-75.89
Red-Orange	-84.52
Red	-93.16
Dark Red	-101.80
Dark Red	-110.44

ST: N4  
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\_N4



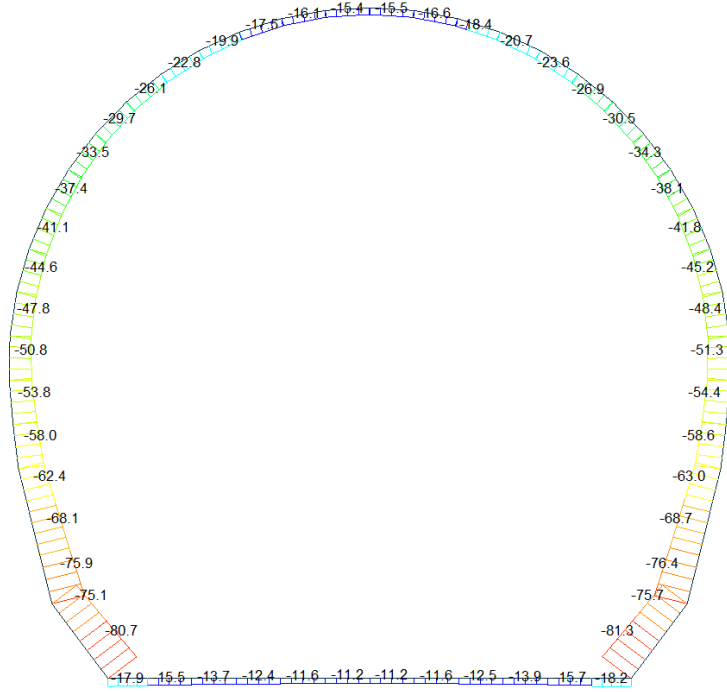
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Red	54.05
Red-Orange	44.22
Orange	34.39
Yellow-Orange	24.57
Yellow	14.74
Light Green	4.91
Green	0.00
Light Green	-14.74
Yellow-Green	-24.57
Orange-Yellow	-34.39
Orange	-44.22
Red-Orange	-54.05

ST: N4  
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\_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







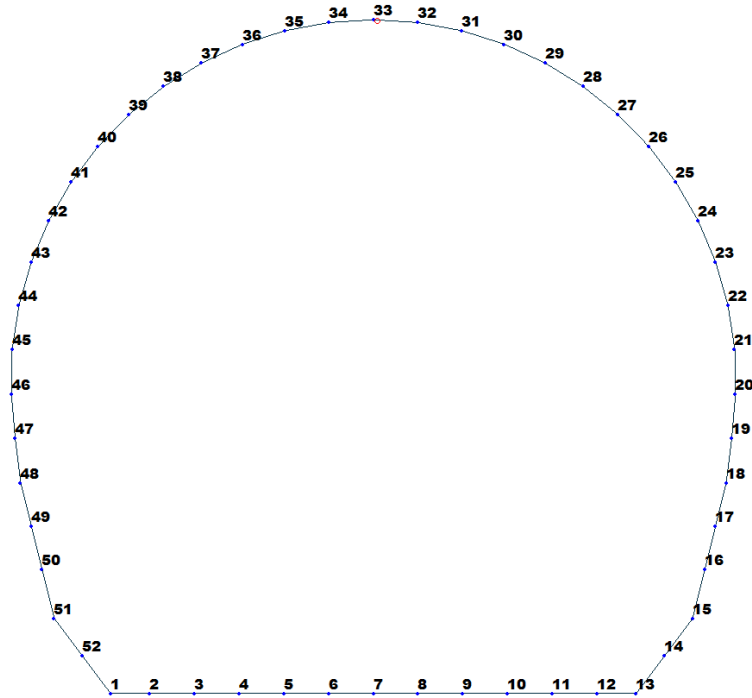


Figure 18 Beam end release

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**

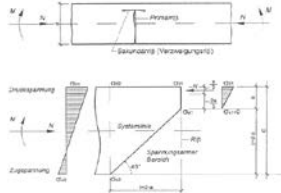
**ITERAZIONE IN NODO 32 I**

**MIDAS**

$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000202	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	4'958	[kN <sup>2</sup> m/rad]

$M_{nodo}$	4.080	[kN <sup>2</sup> m]
$N_{nodo}$	28.920	[kN]
$V_{nodo}$	5.210	[kN]

$Cf_{MIDAS} = Cf_{PÖTTLER}$	SI
$\Psi_{PÖTTLER} < 4 \text{ mrad}$	SI

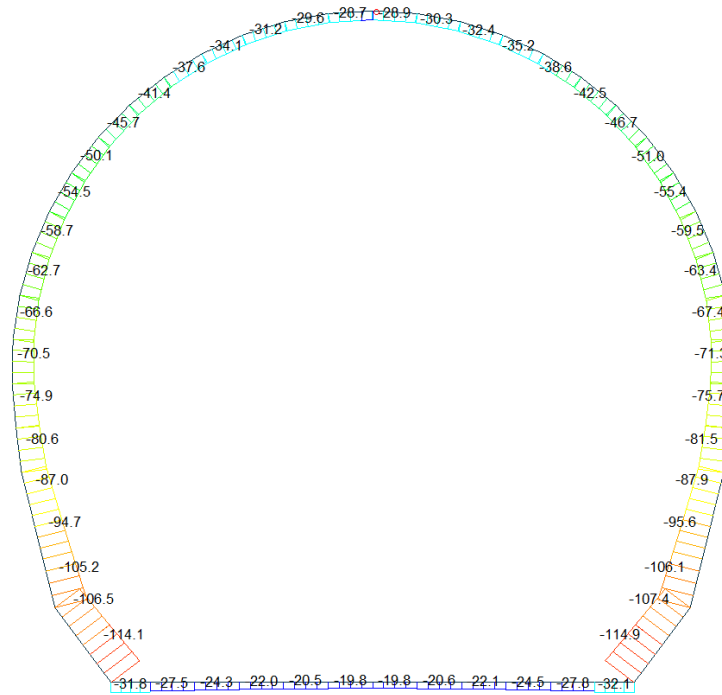


**PÖTTLER**

$E_c$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$d$	0.30	[m]
$e$	0.1411	[m]
$a$	0.027	[m]
$\Psi_{PÖTTLER}$	0.0008170	[rad]
$Cf_{PÖTTLER}$	0.0002002	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$1/Cf_{PÖTTLER}$	4'994	[kN <sup>2</sup> m/rad]

0.816985

Beam Diagram\_Fx / ST\_N4



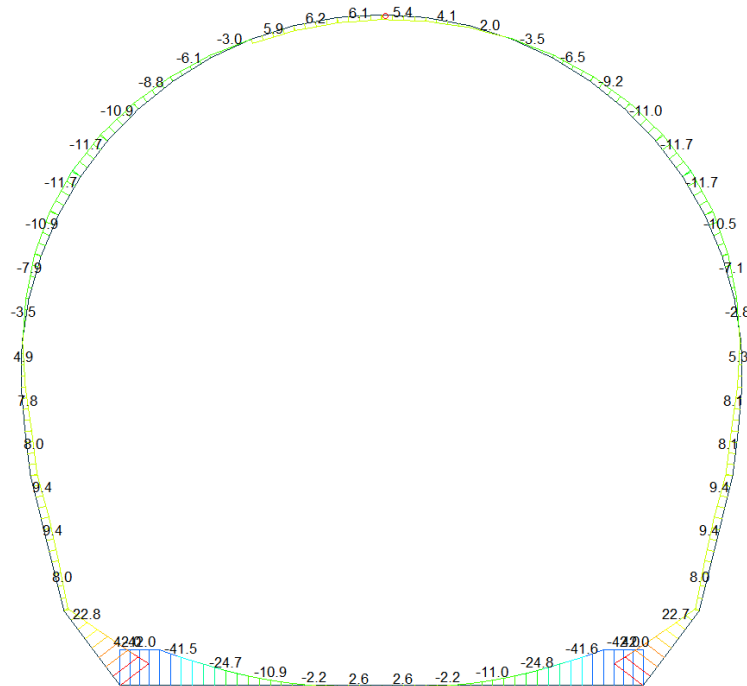
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

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



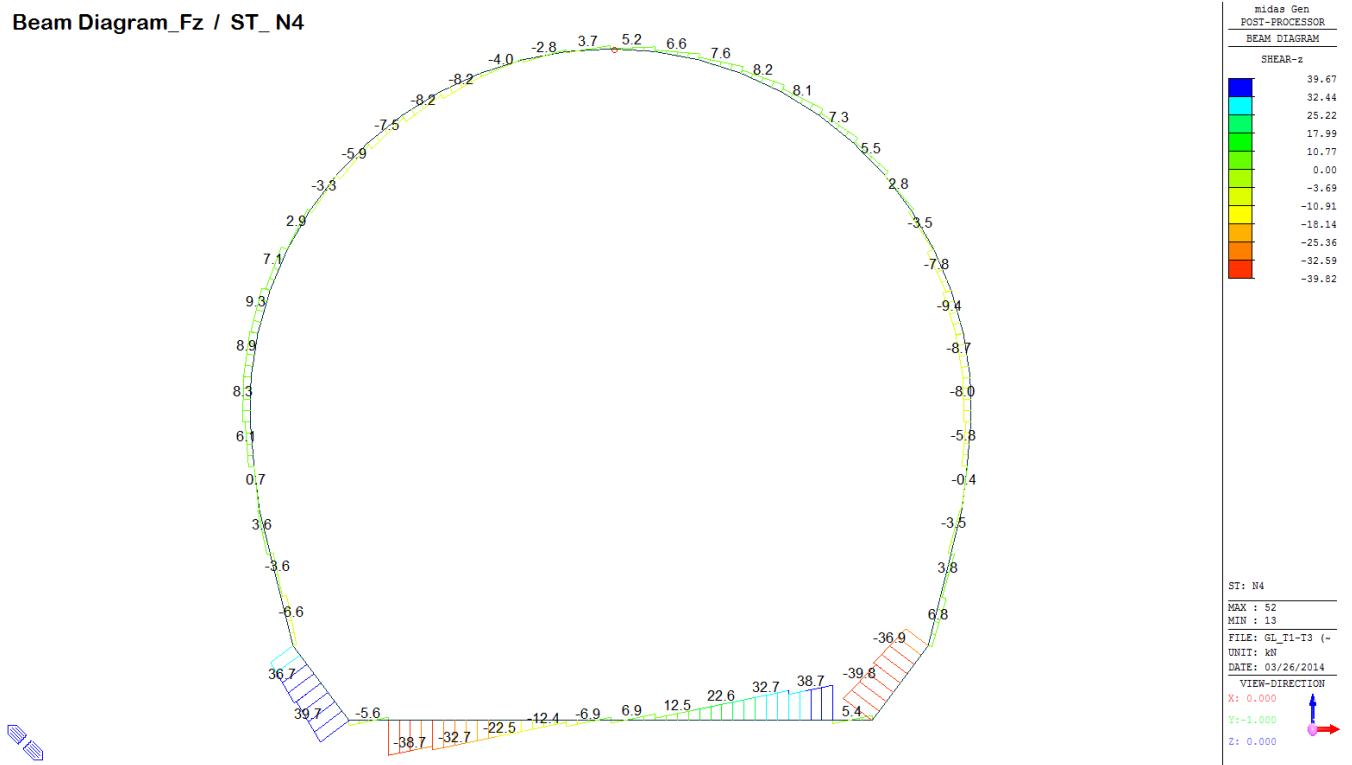
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

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

$R_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{td}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.95}$ [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
$f_{td,80\%}$ [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 32 i

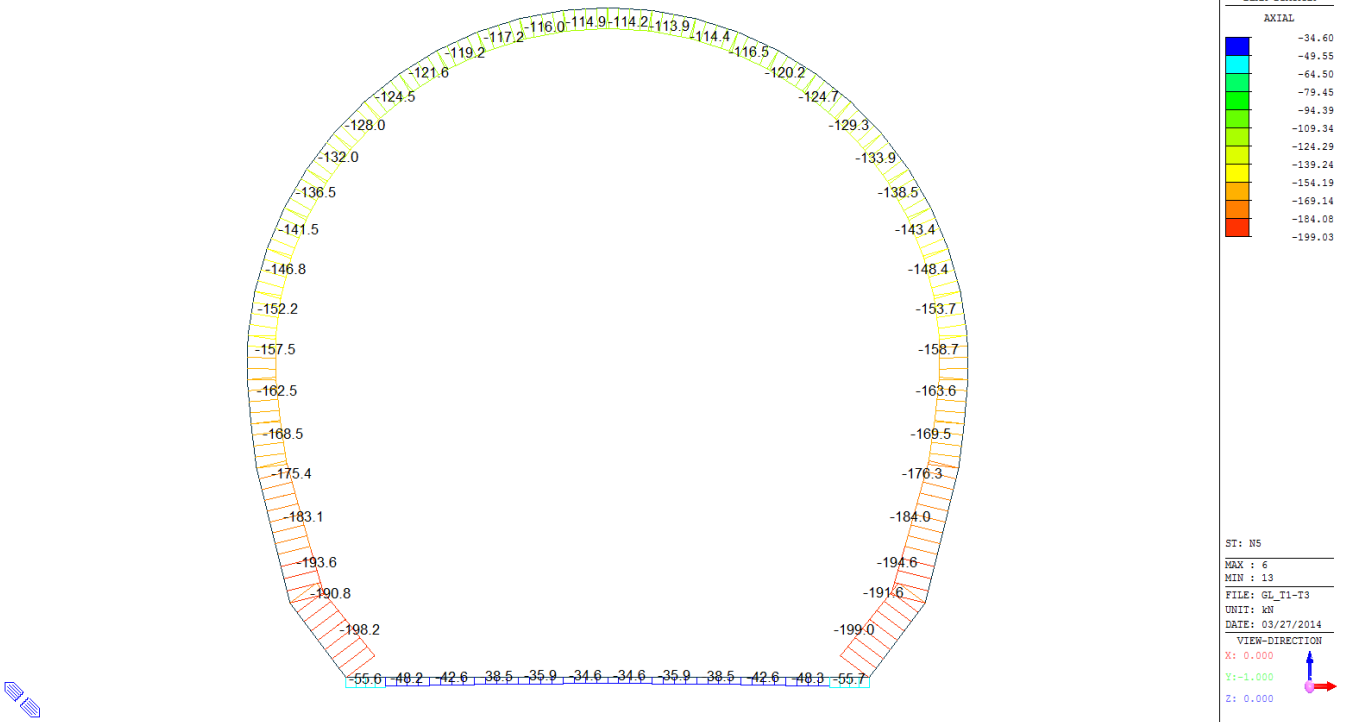
Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
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]	$\psi_{P_{otter}}$ [rad]	$1/C_{f_{MIDAS}}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f_{P_{otter}}}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{P_{otter}}$ [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> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [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													

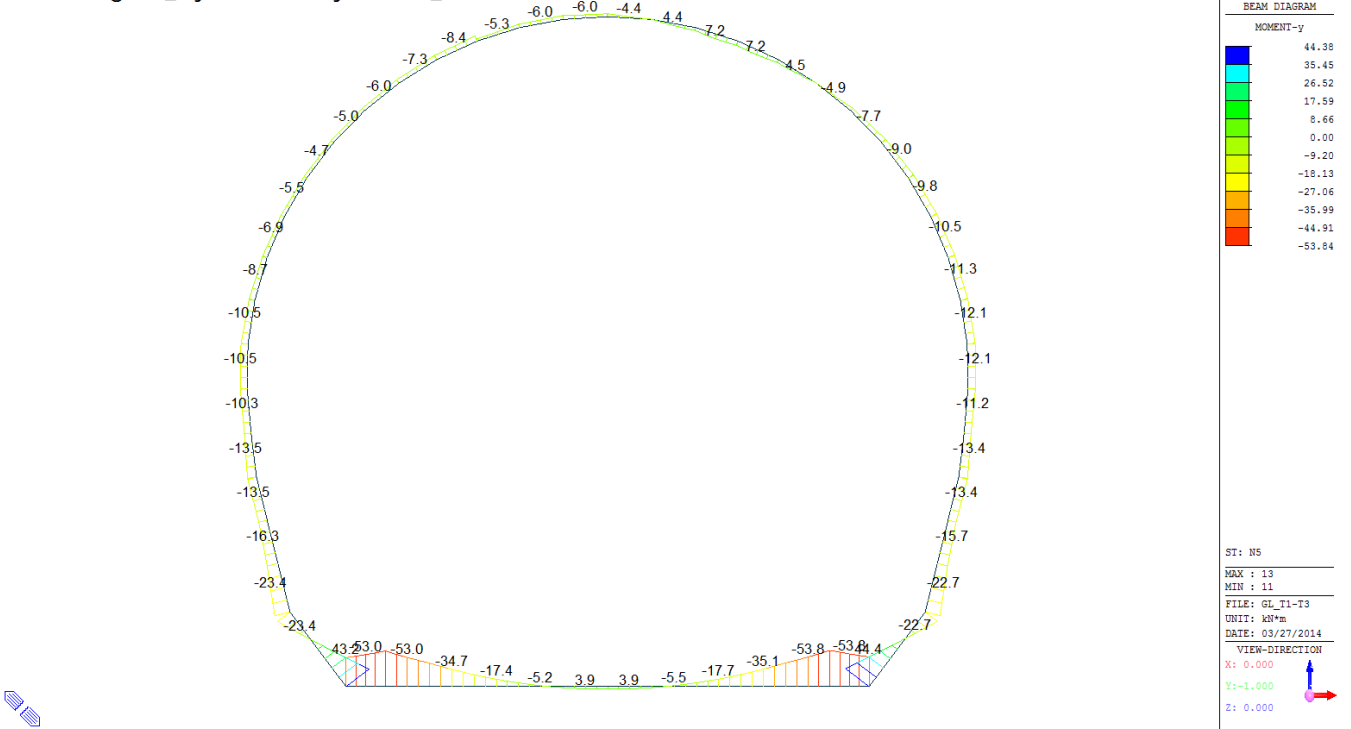


A.5.4.5. Load combination SLU 5 Block analysis

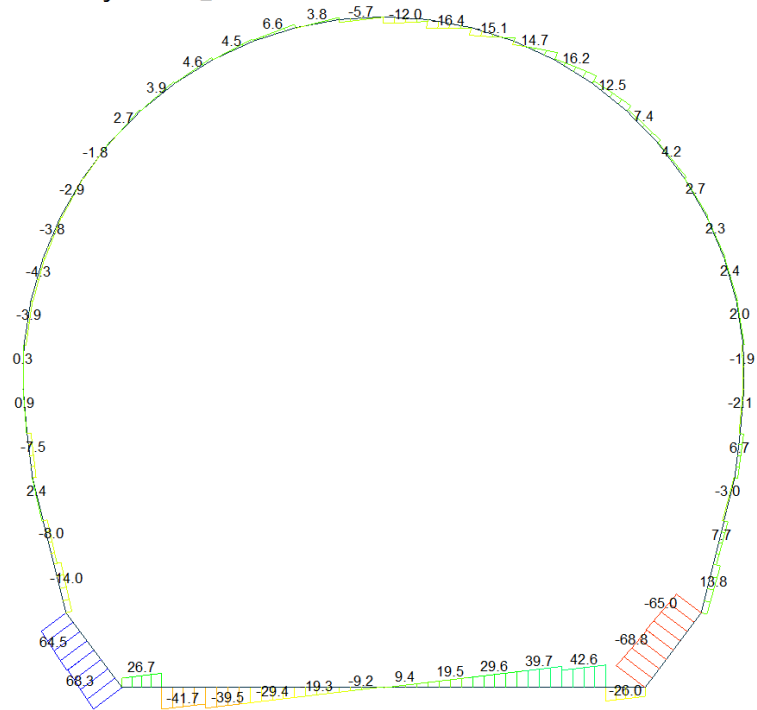
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N5



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N5



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

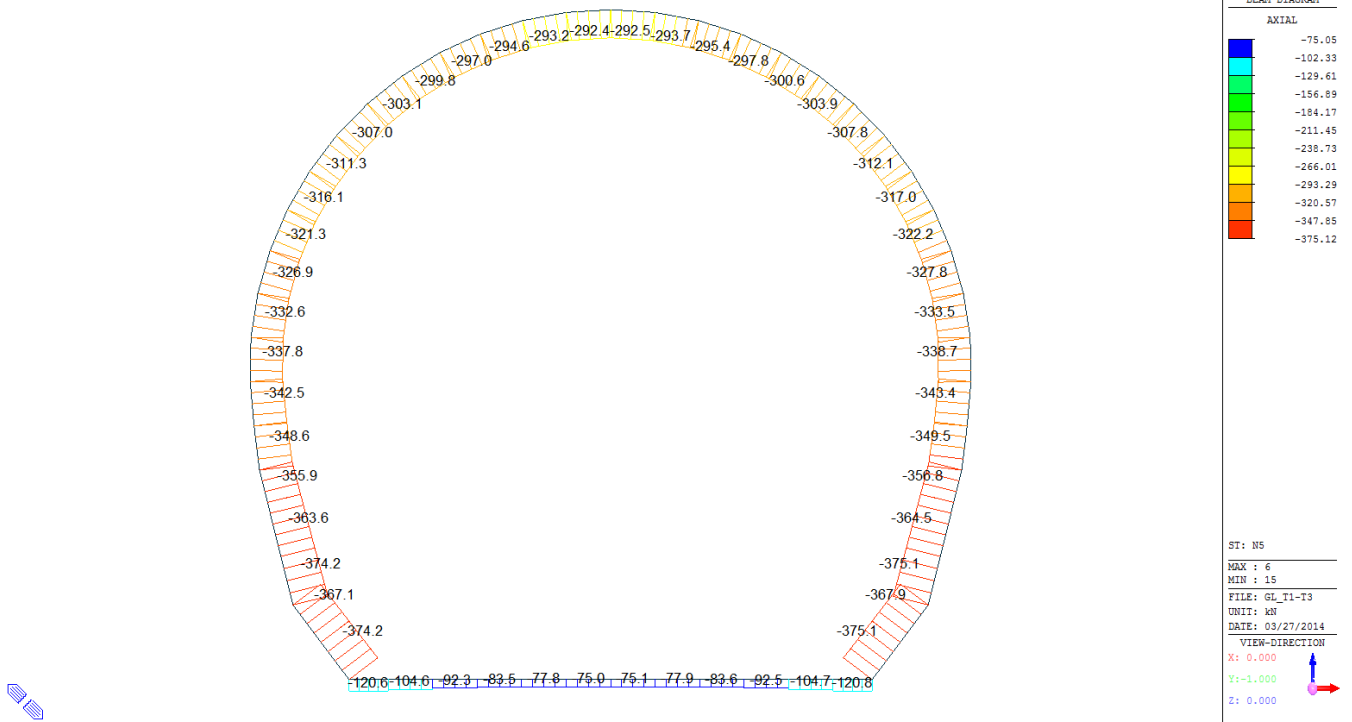
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



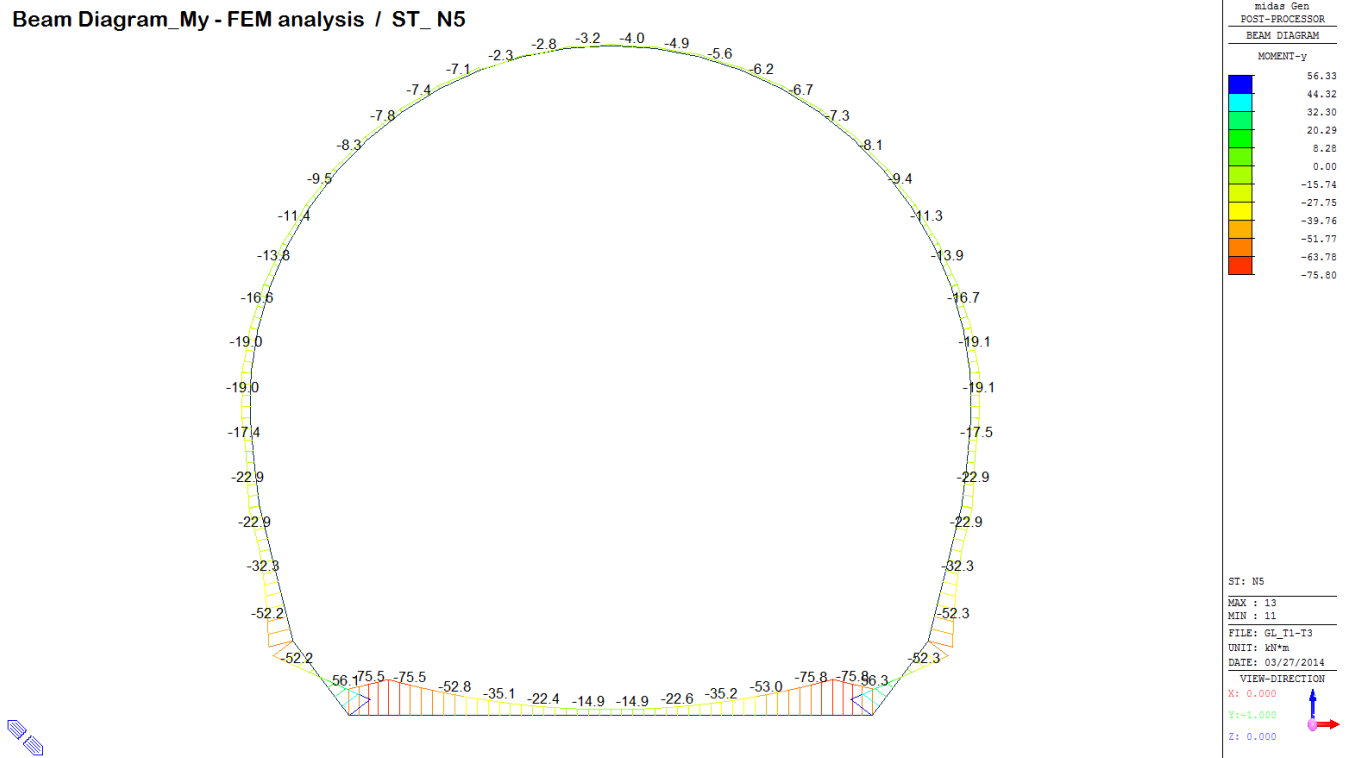


A.5.4.6. Load combination SLU 5 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N5

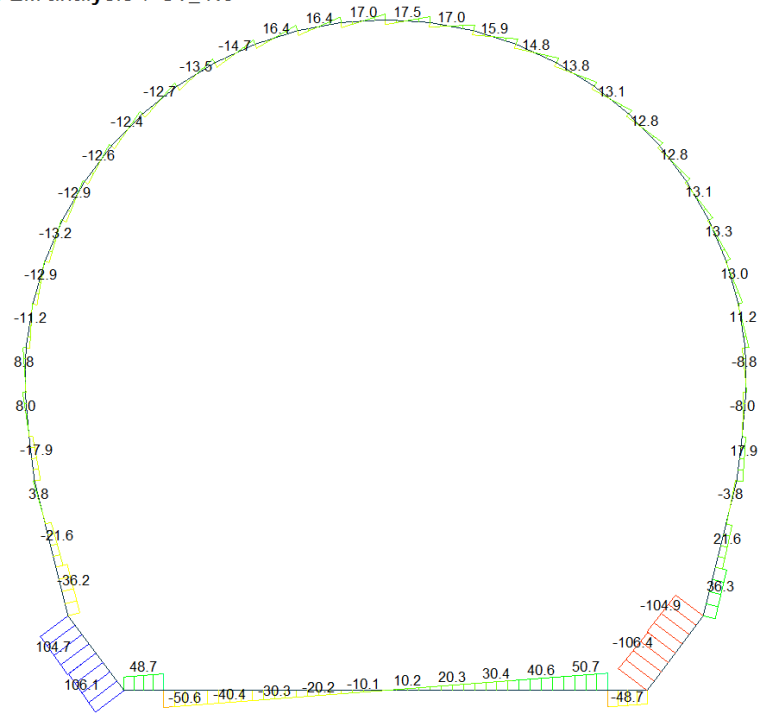


Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N5





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

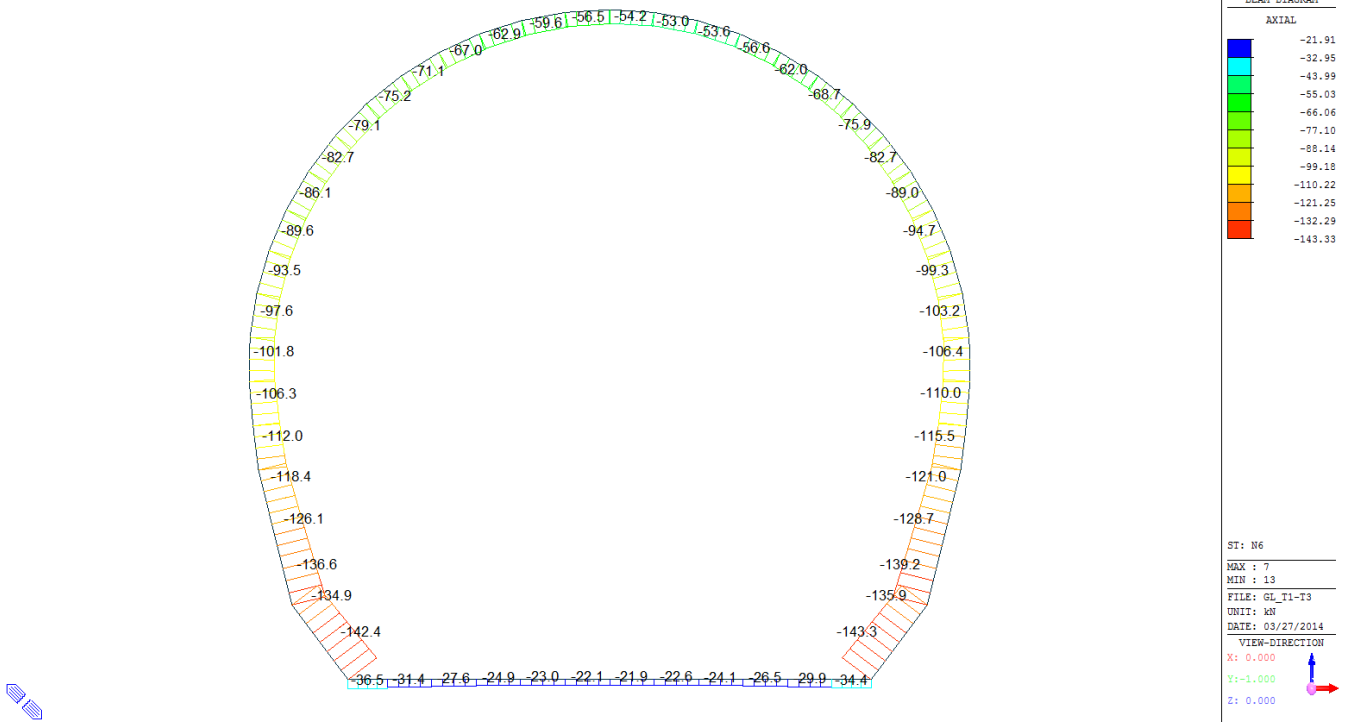
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000



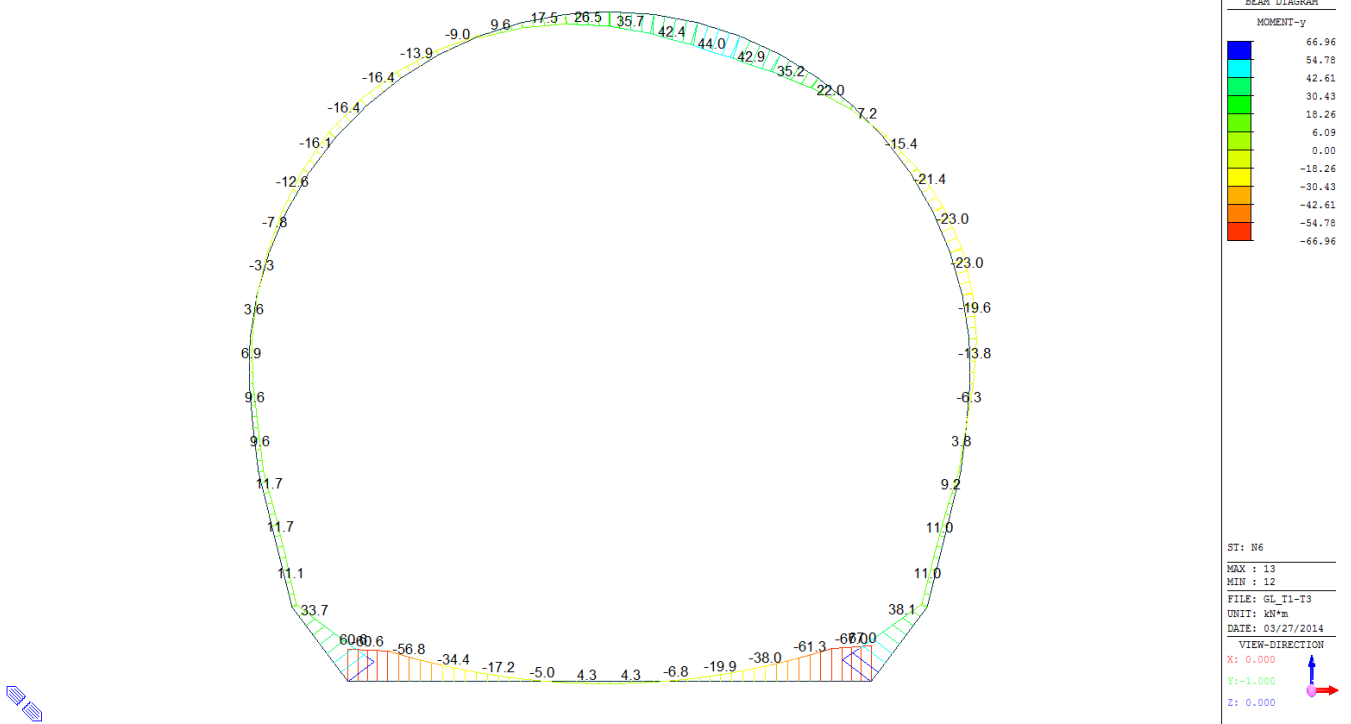


A.5.4.7. Load combination SLU 6 Block analysis

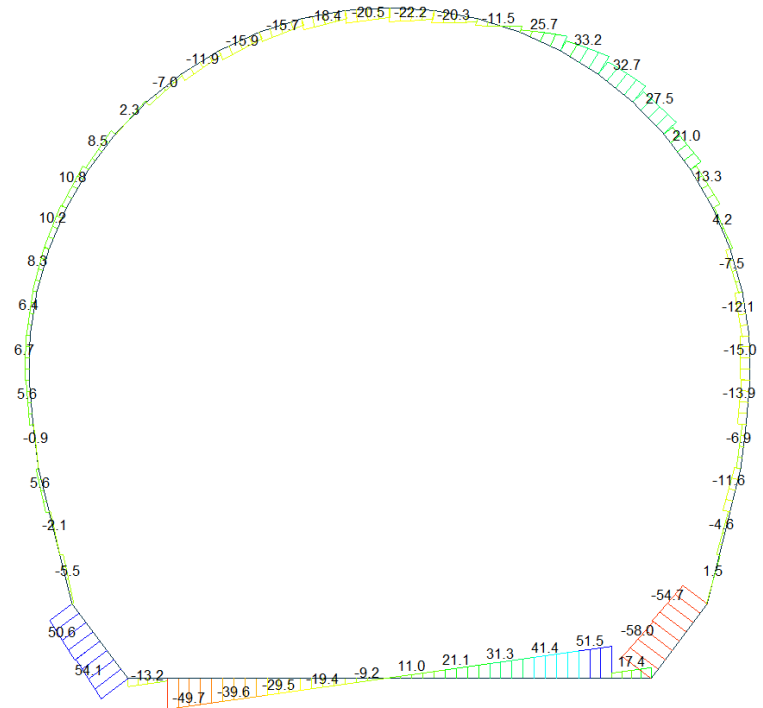
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N6



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





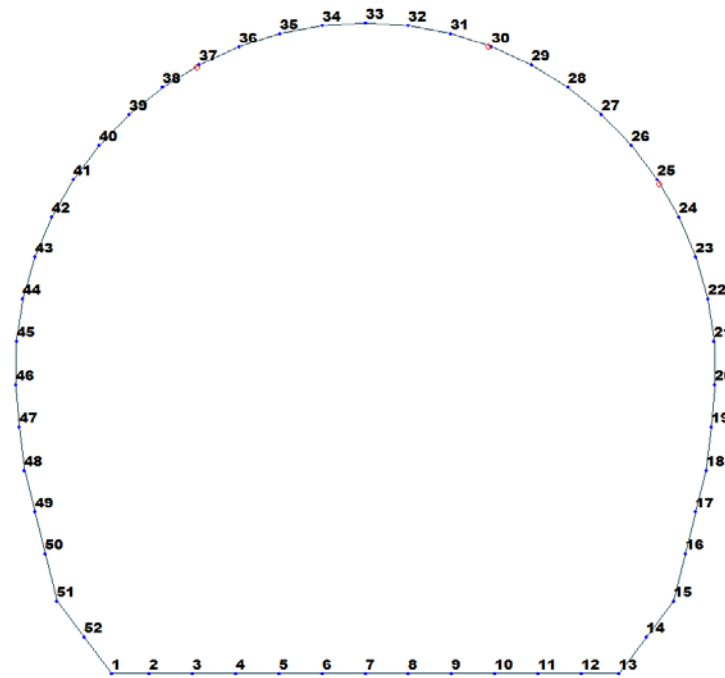


Figure 19 Beam end release

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]	$\Psi_{pöttler}$	0.0026258	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0002283	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	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]	$\Psi_{pöttler}$	0.0008790	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000610	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	16'383	[kN <sup>2</sup> /rad]

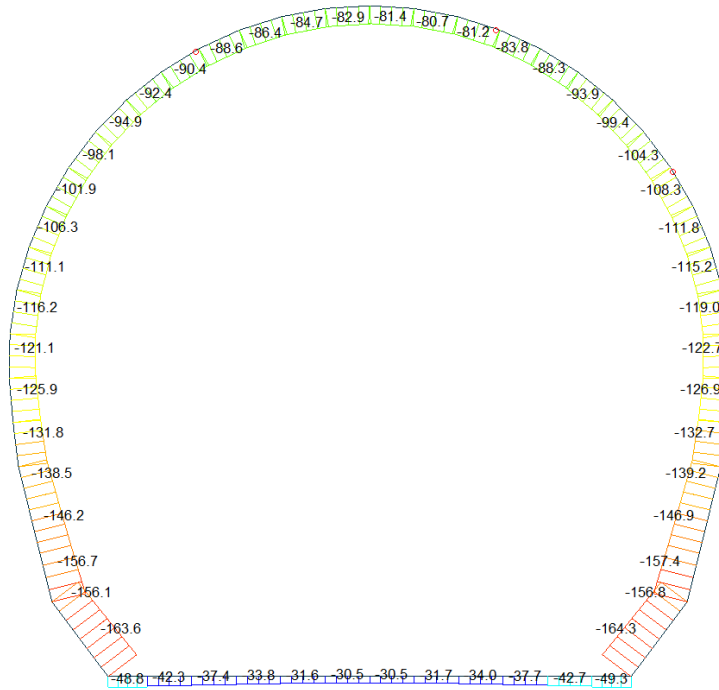
0.878959

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]	$\Psi_{pöttler}$	0.0008307	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000699	[rad/kN <sup>2</sup> m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	14'301	[kN <sup>2</sup> /rad]

0.830692

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6



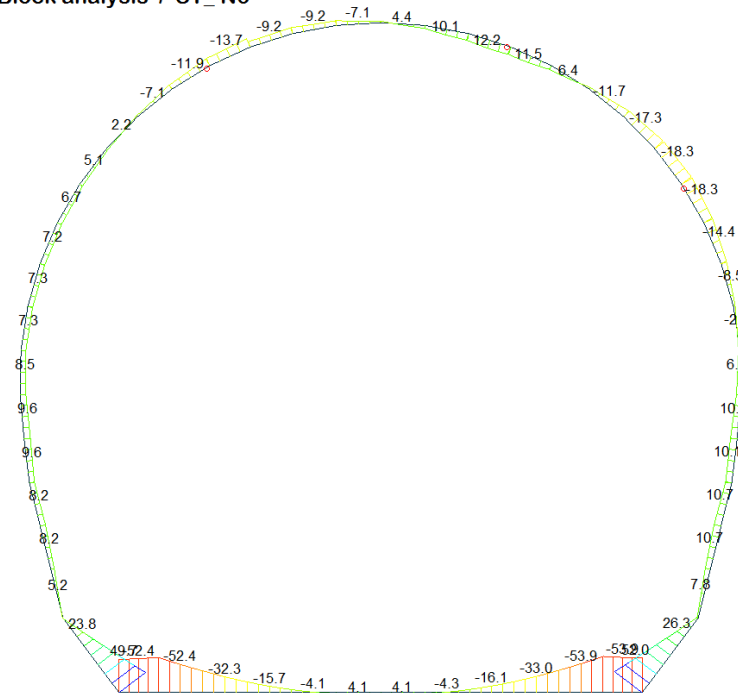
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-30.47
Cyan	-42.63
Green	-54.80
Light Green	-66.97
Yellow-Green	-79.13
Yellow	-91.30
Orange-Yellow	-103.46
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



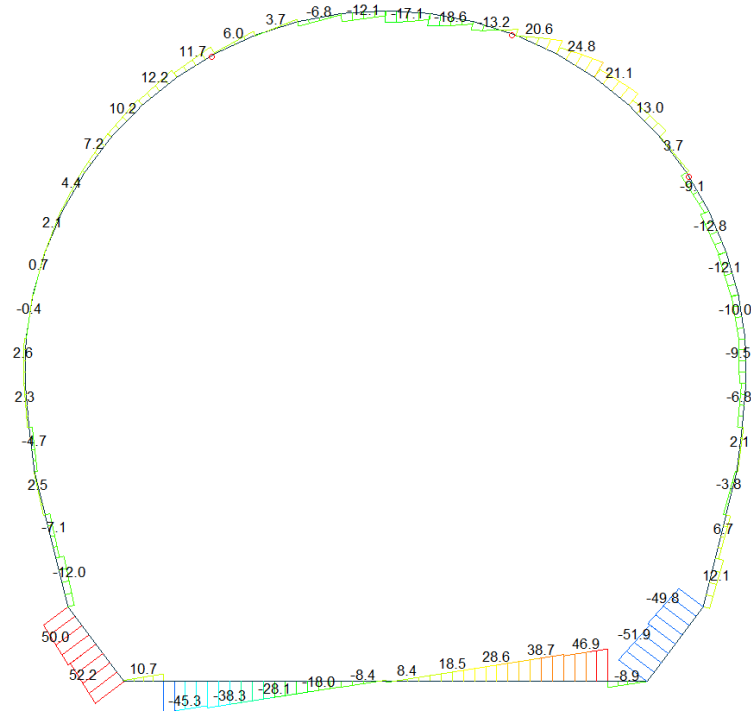
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	51.96
Cyan	42.34
Green	32.71
Light Green	23.09
Yellow-Green	13.47
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-5.78
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



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

52.16  
42.70  
33.25  
23.79  
14.34  
4.88  
0.00  
-14.03  
-23.49  
-32.95  
-42.40  
-51.86

ST: N6  
MAX : 52  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3 (-  
UNITS: KN  
DATE: 03/26/2014  
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	$F_{ct,0.05}$ [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
$f_{td,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,80\%}$ [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> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
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]	$\psi_{Postier}$ [rad]	$1/C_{f,MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f,Postier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postier}$ [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	30 j	0.025	2.6257786	4'280	4'380	OK	0.722	OK	1.03	0.53	7.14	2.78	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 $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
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]	$\psi_{Postier}$ [rad]	$1/C_{f,MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f,Postier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postier}$ [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	24 i	0.047	0.8789590	15'950	16'383	OK	0.223	OK	1.03	0.41	7.14	2.40	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 $\sigma_d \leq f_{ctd,80\%}$
N6	37 j	Volta Sx	11.9	87.8	11.7	26'400'000	0.135	0.30	OK	4.00	15.36	OK

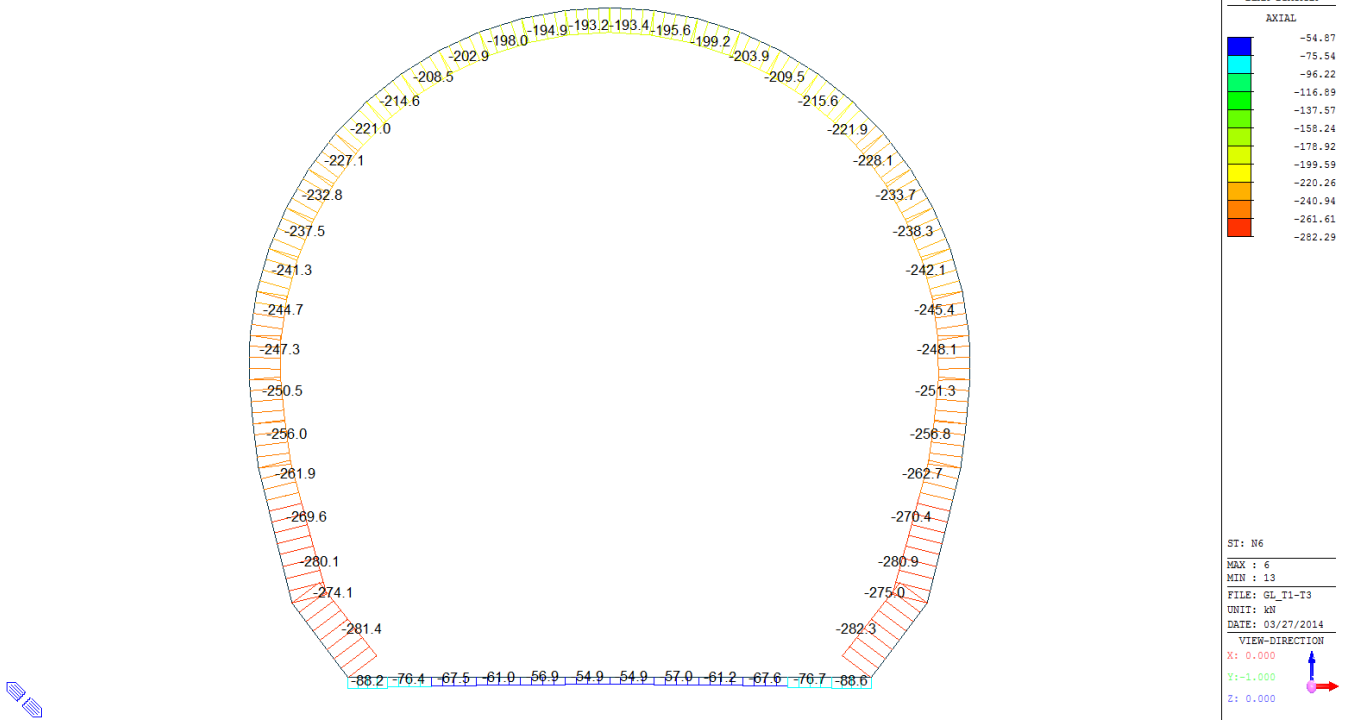
Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Postier}$ [rad]	$1/C_{f,MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f,Postier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$w_{Postier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	37 j	0.044	0.8306924	14'050	14'301	OK	0.213	OK	1.03	0.40	7.14	2.27	OK
Iterazione ok													



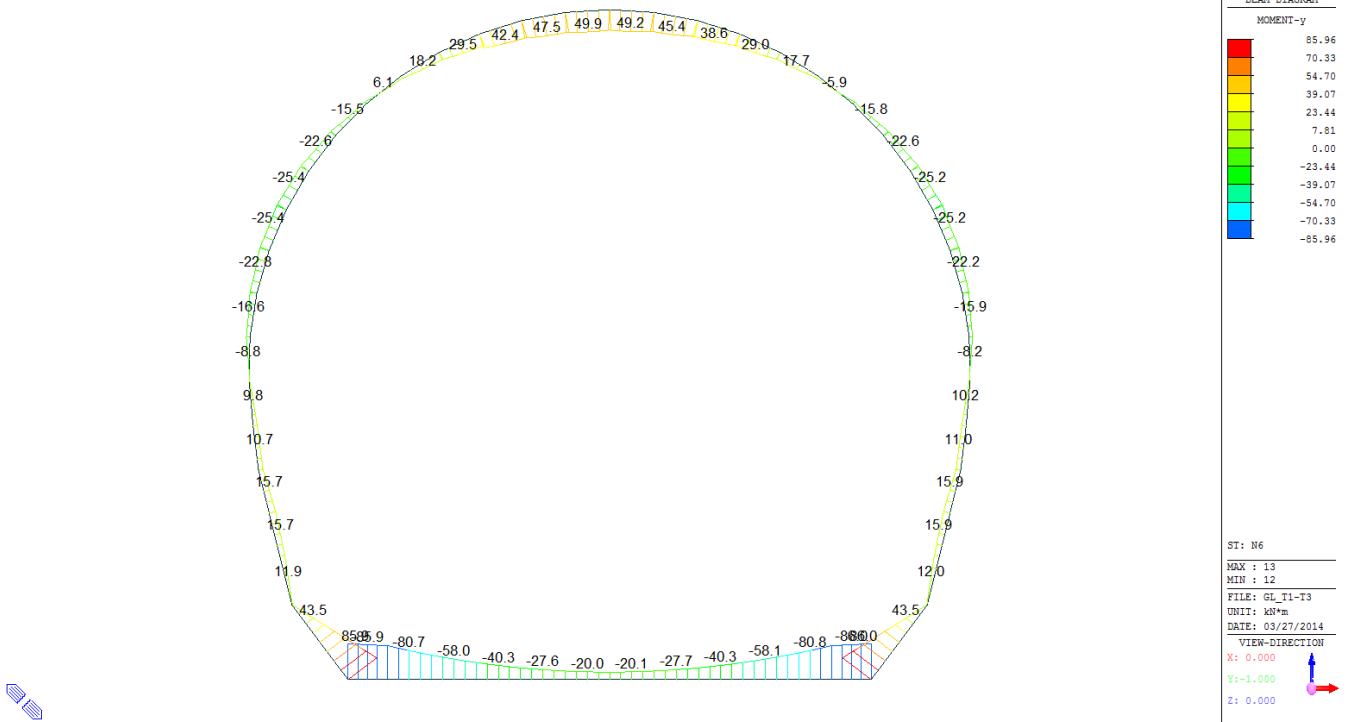


A.5.4.8. Load combination SLU 6 FEM analysis

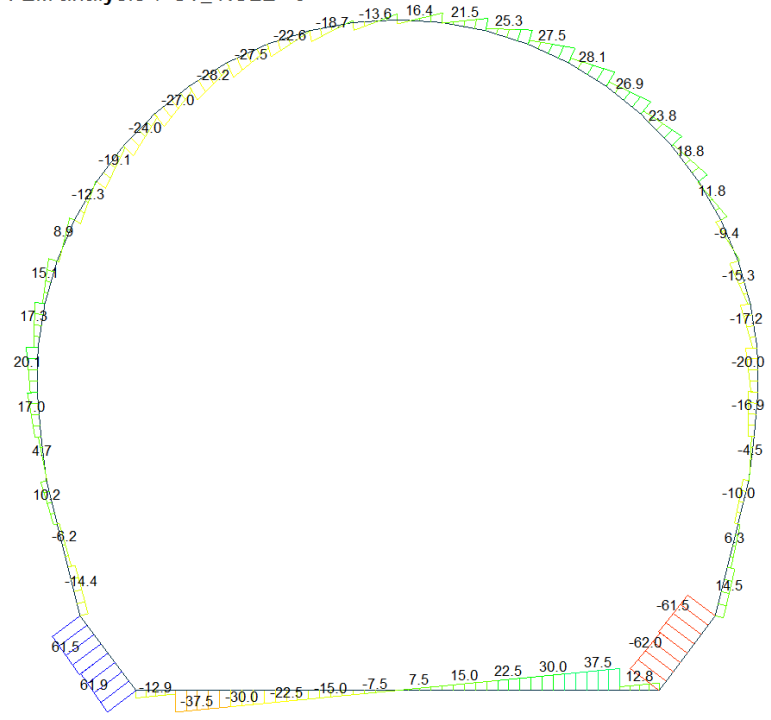
Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



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





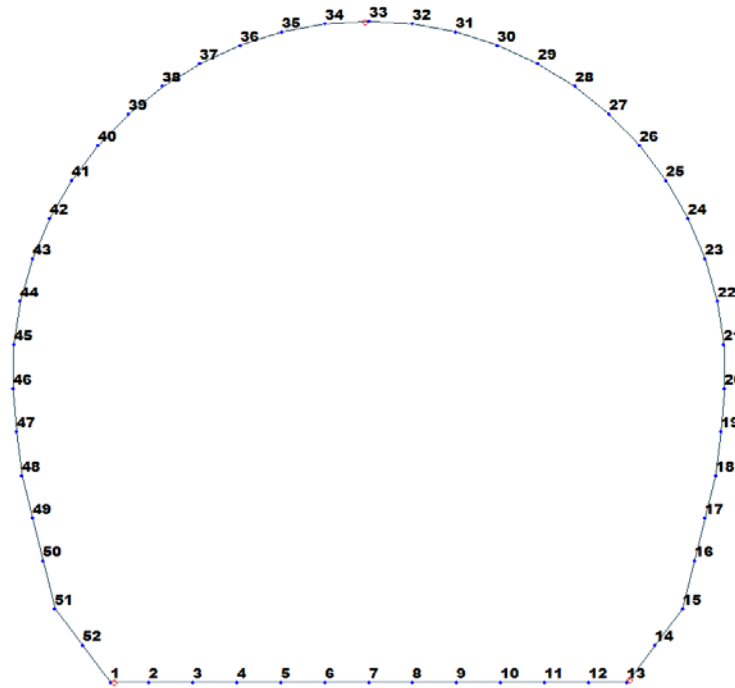


Figure 20 Beam end release

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]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI	$Cf_{pöttler}$	0.0000261 [rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI	$1/Cf_{pöttler}$	38'326 [kN*m/rad]
			0.682311

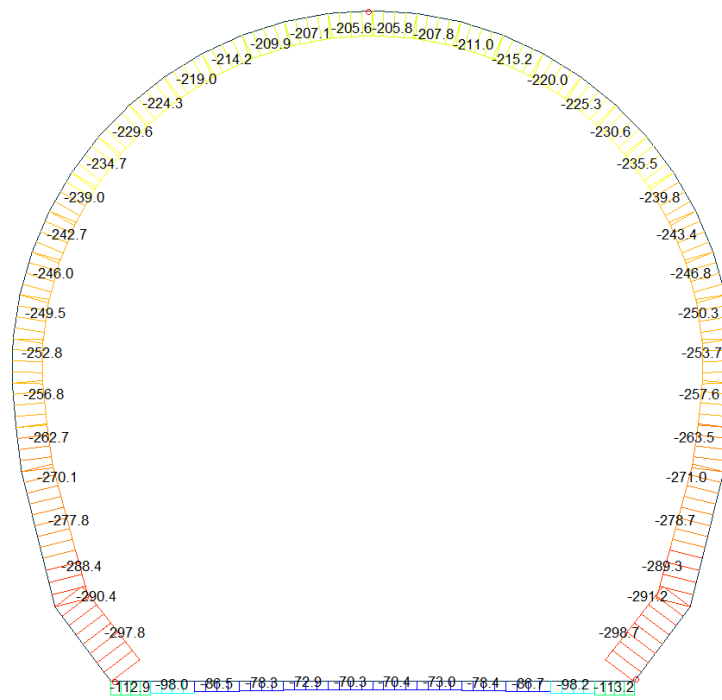
ITERAZIONE IN NODO 1 j

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]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI	$Cf_{pöttler}$	0.0000047 [rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI	$1/Cf_{pöttler}$	212'295 [kN*m/rad]
			0.132081

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]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI	$Cf_{pöttler}$	0.0000047 [rad/kN*m]
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI	$1/Cf_{pöttler}$	213'385 [kN*m/rad]
			0.131687

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



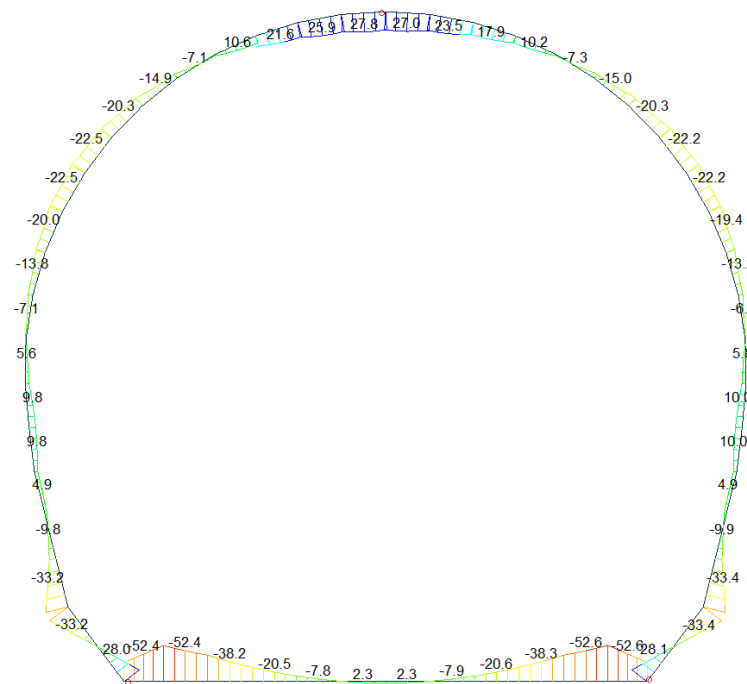
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-70.33
Cyan	-91.09
Green	-111.85
Light Green	-132.61
Yellow-Green	-153.37
Yellow	-174.13
Orange-Yellow	-194.89
Orange	-215.65
Red-Orange	-236.41
Red	-257.17
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



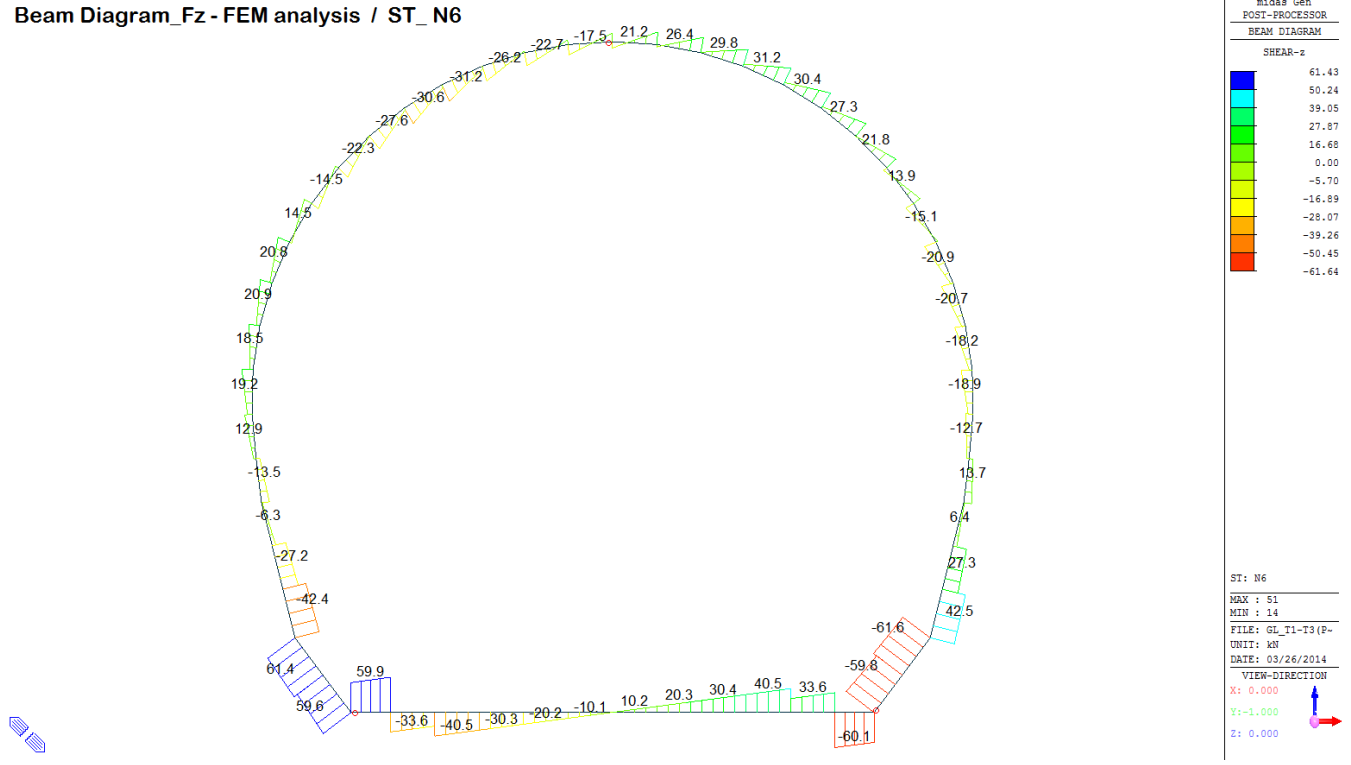
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

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

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

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N6



Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

61.43
50.24
39.05
27.87
16.68
0.00
-5.70
-16.89
-28.07
-39.26
-50.45
-61.64

ST: N6  
MAX : 51  
MIN : 14  
FILE: GL\_T1-T3 (P-  
OBJ1: KN  
DATE: 03/26/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{s}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{td}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.95}$ [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
$f_{td,95\%}$ [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/m²]	$N_d$ [kN/m²]	$V_d$ [kN/m²]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m²]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm²]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,95\%}$
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]	$\Psi_{Posterior}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN'm/rad]	$1/Cf_{Posterior}$ [kN'm/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posterior}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	$\tau_{cp}$ [N/mm²]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm²]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm²]	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/m²]	$N_d$ [kN/m²]	$V_d$ [kN/m²]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m²]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm²]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,95\%}$
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]	$\Psi_{Posterior}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN'm/rad]	$1/Cf_{Posterior}$ [kN'm/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posterior}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	$\tau_{cp}$ [N/mm²]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm²]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm²]	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/m²]	$N_d$ [kN/m²]	$V_d$ [kN/m²]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m²]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm²]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,95\%}$
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]	$\Psi_{Posterior}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN'm/rad]	$1/Cf_{Posterior}$ [kN'm/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posterior}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm²]	$\tau_{cp}$ [N/mm²]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm²]	$f_{ctvd}(EC2)$ [N/mm²]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	12 j	0.155	0.1316889	213'400	213'385	OK	0.059	OK	1.03	0.49	7.14	1.60	OK

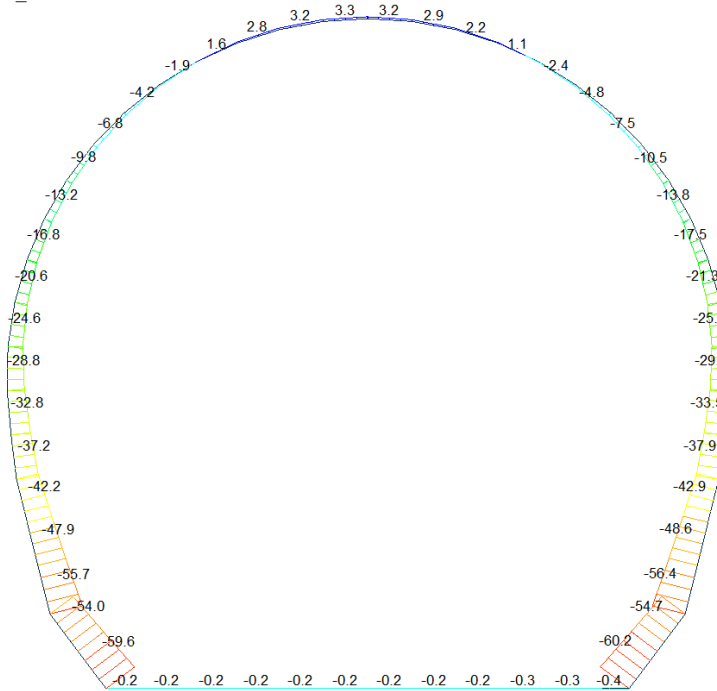
Iterazione ok





A.5.4.9. Load combination SLU 11

Beam Diagram\_Fx / ST\_N11



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

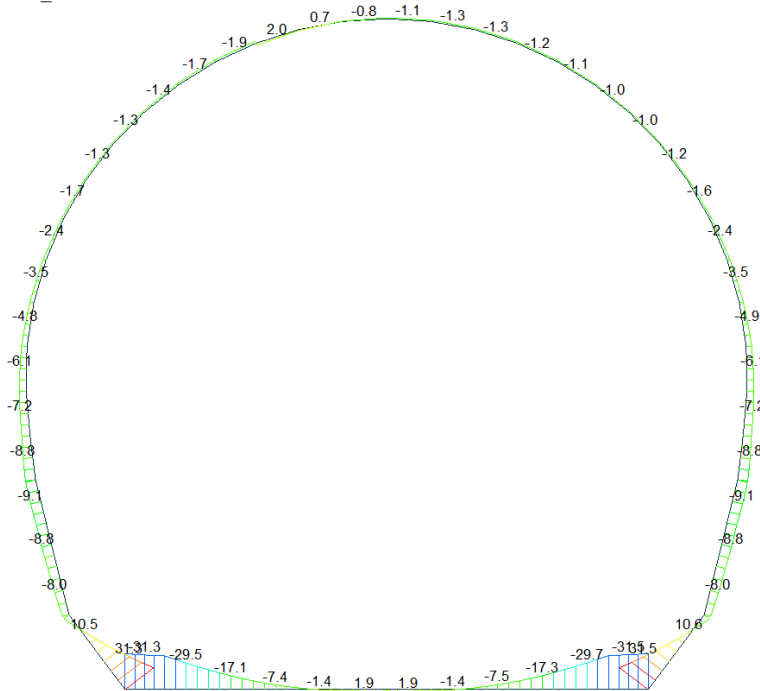
3.29
0.00
-8.26
-14.04
-19.81
-25.59
-31.37
-37.14
-42.92
-48.69
-54.47
-60.25

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

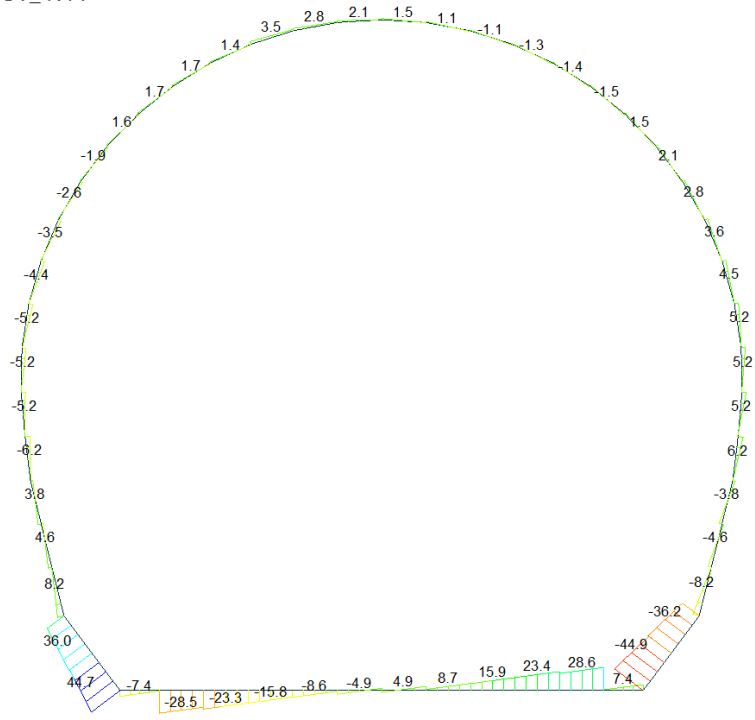
31.51
25.78
20.05
14.32
8.59
2.86
0.00
-8.59
-14.32
-20.05
-25.78
-31.51

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

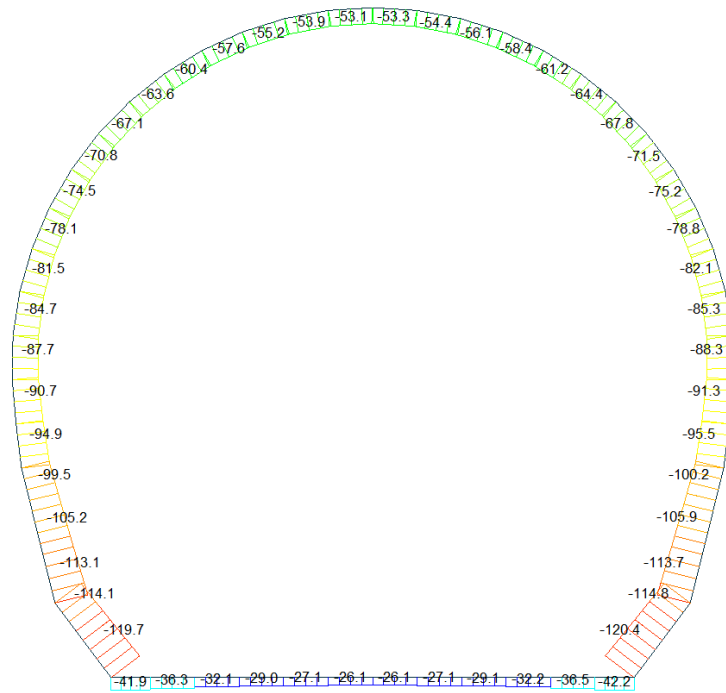
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





A.5.4.10. Load combination SLU 12

Beam Diagram\_Fx / ST\_N12



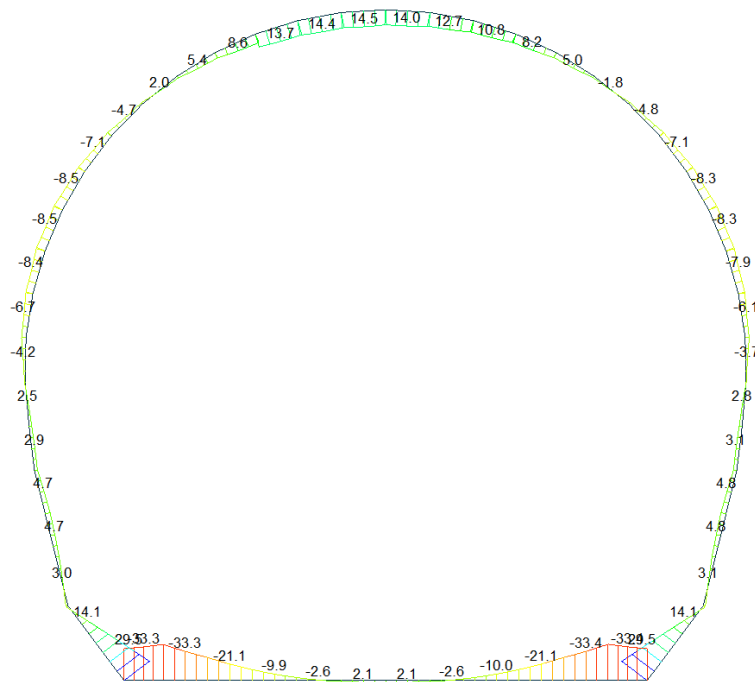
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

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



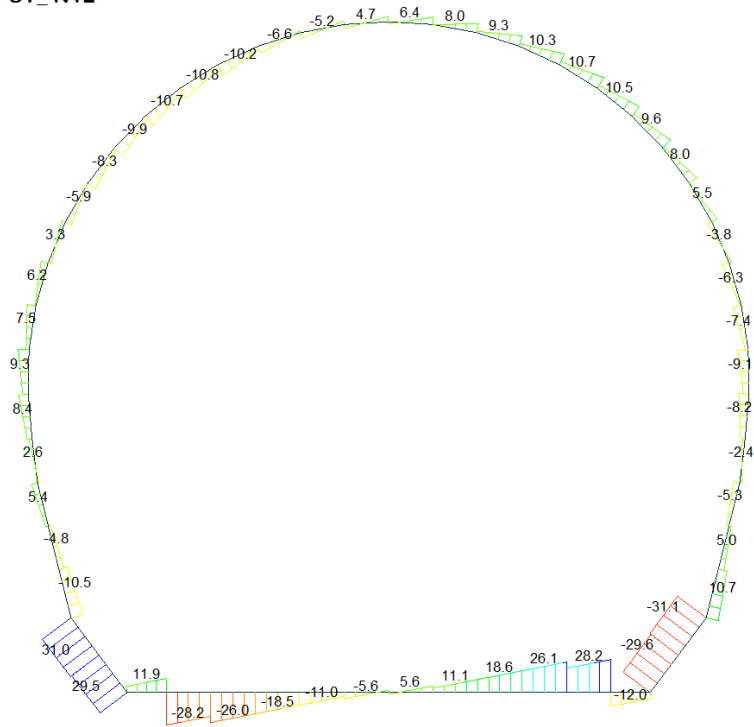
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

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
Red-Orange	-10.50
Red	-16.23
Dark Red	-21.95
Brown	-27.67
Dark Brown	-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

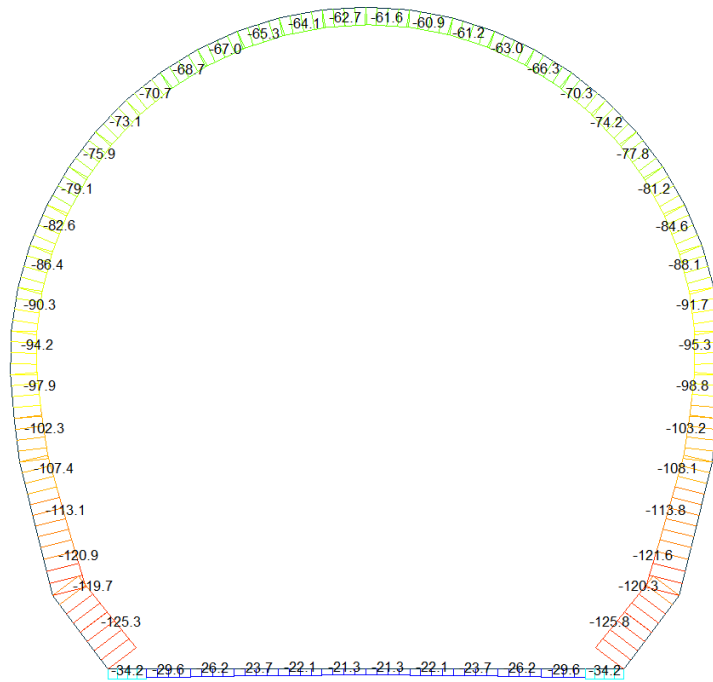
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000





A.5.4.11. Load combination SLU 21 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N21



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

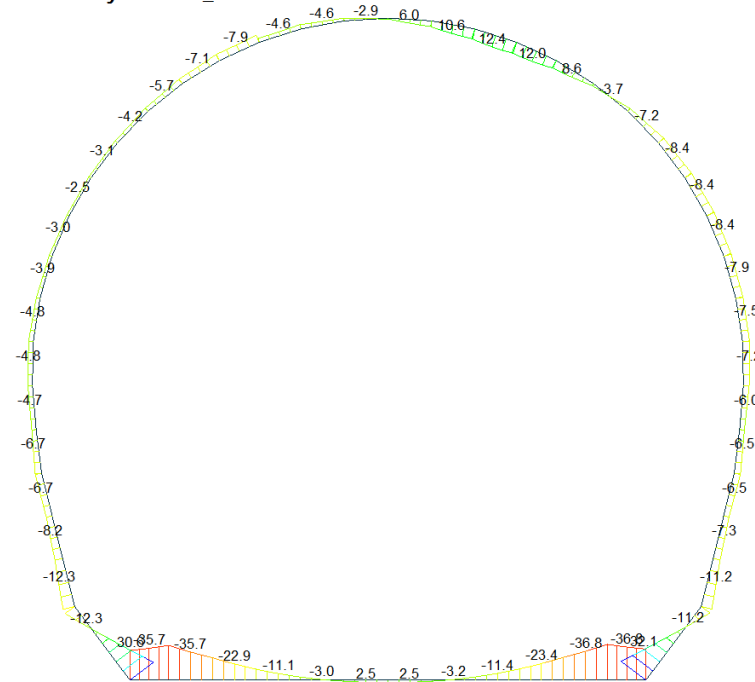
AXIAL

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

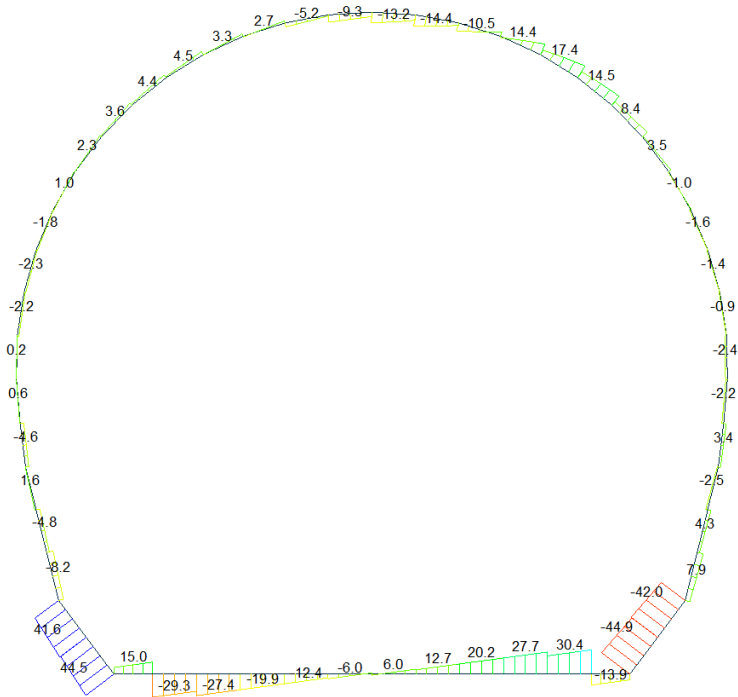
MOMENT-y

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

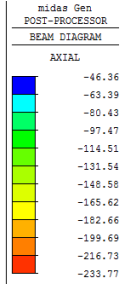
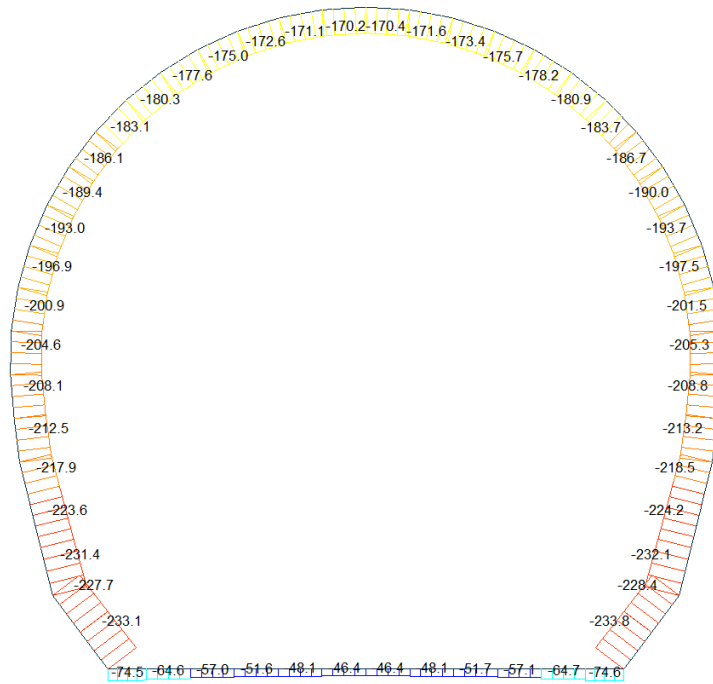
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_c$ [N/mm <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]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{vld}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
N21	1	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[14]	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[13]	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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[28]	2.4	-67.9	9.1	0.23	-0.92	-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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	I[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	0.330	1.53	OK

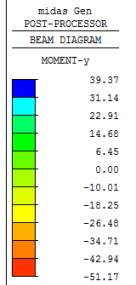
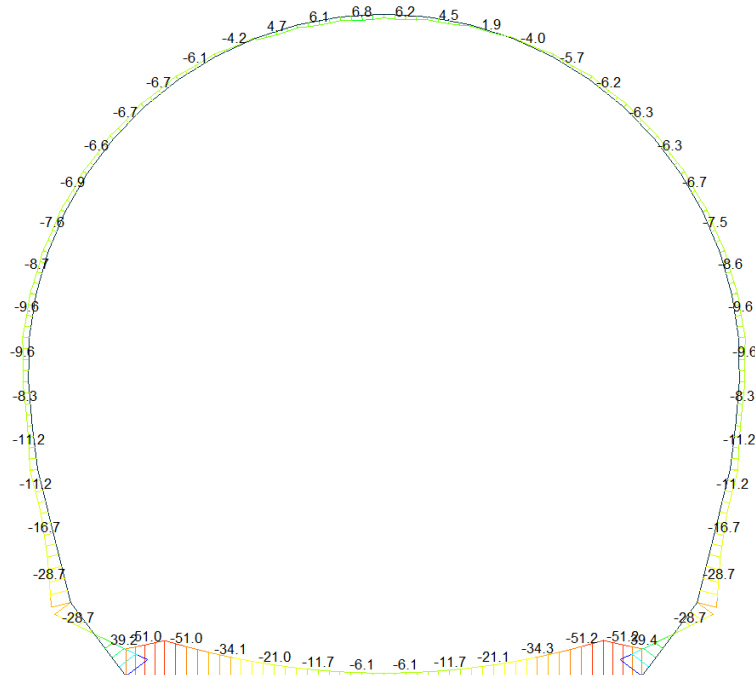
A.5.4.12. Load combination SLU 21 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / CBC\_N21



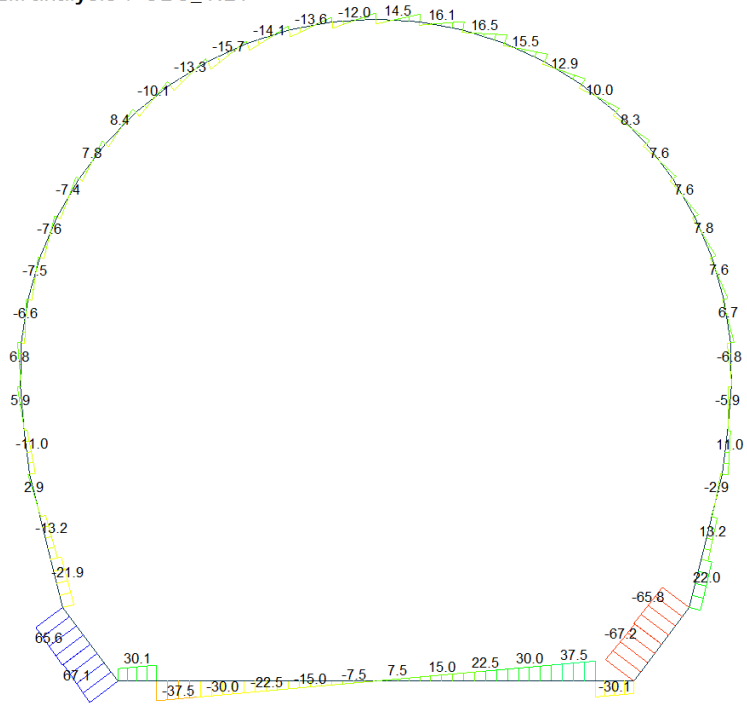
CBC: N21  
 MAX : 6  
 MIN : 13  
 FILE: GL\_T1-T3  
 UNIT: kN  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / CBC\_N21



CBC: N21  
 MAX : 13  
 MIN : 12  
 FILE: GL\_T1-T3  
 UNIT: kN\*m  
 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**

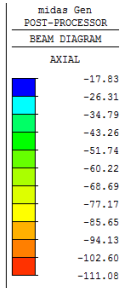
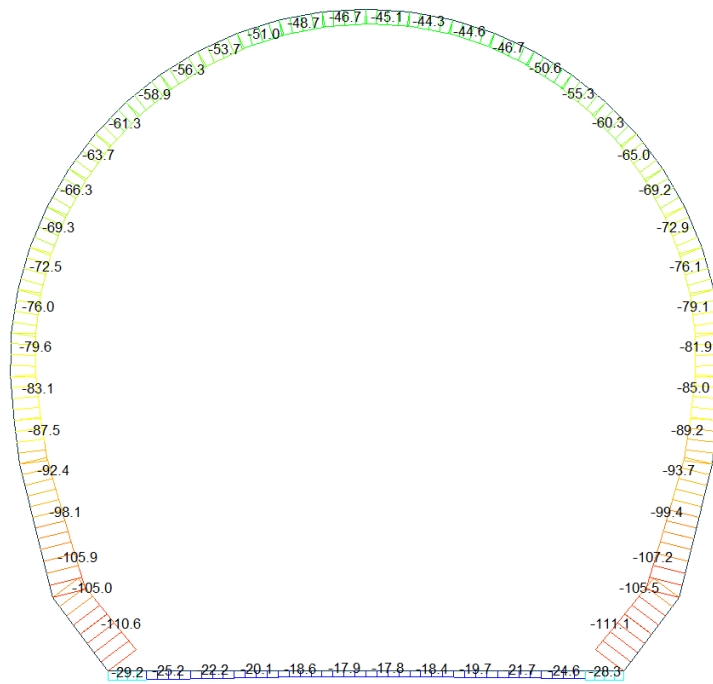
$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{cm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ct,95c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_g$ [N/mm <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			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct,95c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct,95c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{vld}(EC2)$ [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	-0.61	-20.47	1.37	OK	0.199	0.475	1.59	OK
N21	13	J[13]	39.4	-233.8	67.3	0.48	0.54	-1.51	-20.47	1.37	OK	0.210	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[18]	-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	-1.83	0.21	-20.47	1.37	OK	0.044	0.964	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	-1.29	-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	1.71	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	0.23	-1.55	-0.05	-20.47	1.37	OK	0.051	0.796	1.73	OK
N21	41	I[42]	-6.9	-189.4	7.4	0.23	-1.60	-0.04	-20.47	1.37	OK	0.048	0.824	1.74	OK
N21	41	J[41]	-6.6	-186.2	6.4	0.23									

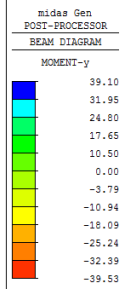
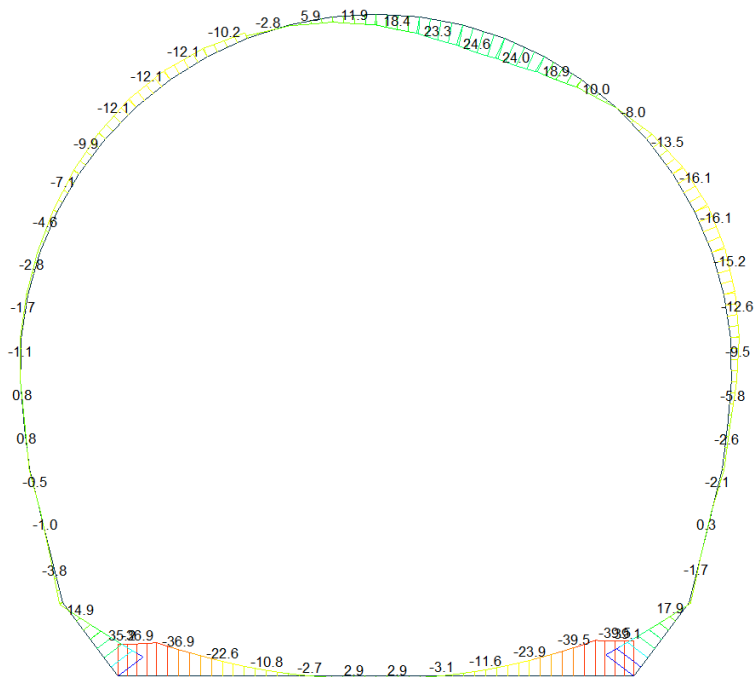
A.5.4.13. Load combination SLU 22 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



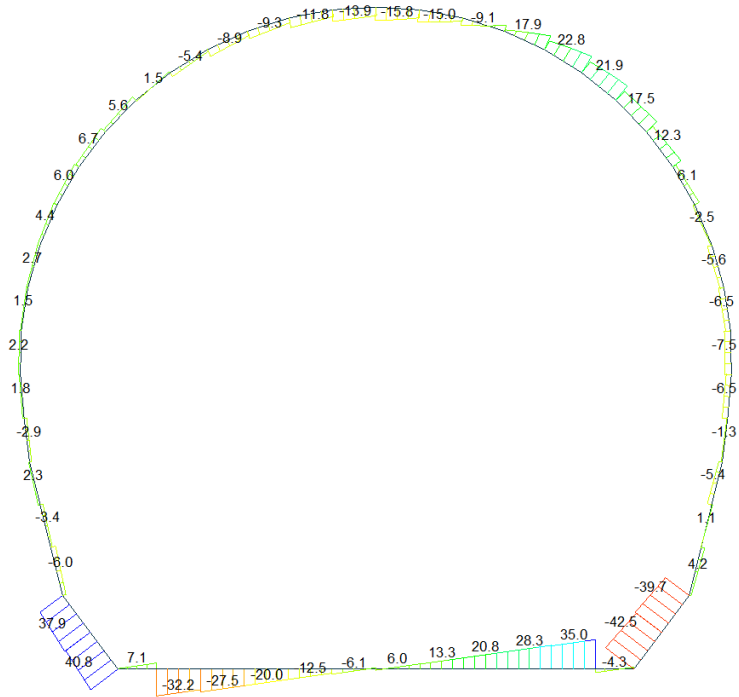
ST: N22  
 MAX : 7  
 MIN : 13  
 FILE: GL\_T1-T3  
 UNIT: kN  
 DATE: 04/29/2014  
 VIEW-DIRECTION  
 X: 0.000  
 Y: -1.000  
 Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N22



ST: N22  
 MAX : 13  
 MIN : 11  
 FILE: GL\_T1-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\_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



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctm,95}$ [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
$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_c$ [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]	Solicitazioni 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> ]	$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,EC2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
N22	1	I[1]	-35.2	-29.2	0.5	0.53	-0.81	0.70	-20.47	1.37	OK	0.002	0.403	1.56	OK
N22	1	J[2]	-36.9	-29.2	7.1	0.53	-0.84	0.73	-20.47	1.37	OK	0.020	0.421	1.57	OK
N22	2	I[2]	-36.9	-25.2	32.2	0.53	-0.84	0.74	-20.47	1.37	OK	0.091	0.418	1.57	OK
N22	2	J[3]	-22.6	-25.2	24.7	0.53	-0.53	0.44	-20.47	1.37	OK	0.070	0.266	1.50	OK
N22	3	I[3]	-22.6	-22.2	27.5	0.53	-0.53	0.44	-20.47	1.37	OK	0.078	0.263	1.50	OK
N22	3	J[4]	-10.8	-22.2	20.0	0.53	-0.27	0.19	-20.47	1.37	OK	0.056	0.136	1.44	OK
N22	4	I[4]	-10.8	-20.1	20.0	0.53	-0.27	0.19	-20.47	1.37	OK	0.056	0.134	1.44	OK
N22	4	J[5]	-2.7	-20.1	12.5	0.53	-0.10	0.02	-20.47	1.37	OK	0.035	0.048	1.40	OK
N22	5	I[5]	-2.7	-18.6	12.5	0.53	-0.09	0.02	-20.47	1.37	OK	0.035	0.046	1.40	OK
N22	5	J[6]	1.7	-18.6	5.0	0.53	0.00	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.014	0.035	1.39	OK
N22	6	I[6]	1.7	-17.9	6.1	0.53	0.00	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.017	0.035	1.39	OK
N22	6	J[7]	2.8	-17.9	1.4	0.53	0.03	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.047	1.40	OK
N22	7	I[7]	2.8	-17.8	1.5	0.53	0.03	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.004	0.047	1.40	OK
N22	7	J[8]	1.7	-17.8	6.0	0.53	0.00	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.017	0.035	1.39	OK
N22	8	I[8]	1.7	-18.4	5.8	0.53	0.00	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.016	0.035	1.39	OK
N22	8	J[9]	-3.1	-18.4	13.3	0.53	-0.10	0.03	-20.47	1.37	OK	0.038	0.050	1.40	OK
N22	9	I[9]	-3.1	-19.7	13.3	0.53	-0.10	0.03	-20.47	1.37	OK	0.038	0.052	1.40	OK
N22	9	J[10]	-11.6	-19.7	20.8	0.53	-0.29	0.21	-20.47	1.37	OK	0.059	0.143	1.44	OK
N22	10	I[10]	-11.6	-21.8	20.8	0.53	-0.29	0.21	-20.47	1.37	OK	0.059	0.145	1.44	OK
N22	10	J[11]	-23.9	-21.8	28.3	0.53	-0.55	0.47	-20.47	1.37	OK	0.080	0.276	1.50	OK
N22	11	I[11]	-23.9	-24.6	27.5	0.53	-0.56	0.46	-20.47	1.37	OK	0.078	0.278	1.51	OK
N22	11	J[12]	-39.5	-24.6	35.0	0.53	-0.89	0.80	-20.47	1.37	OK	0.099	0.445	1.58	OK
N22	12	I[12]	-39.5	-28.3	4.3	0.53	-0.90	0.79	-20.47	1.37	OK	0.012	0.449	1.58	OK
N22	12	J[13]	-39.1	-28.4	2.3	0.53	-0.89	0.78	-20.47	1.37	OK	0.007	0.444	1.58	OK
N22	13	I[14]	18.0	-105.3	38.1	0.48	0.25	-0.69	-20.47	1.37	OK	0.119	0.343	1.54	OK
N22	13	J[13]	39.1	-111.1	42.5	0.48	0.79	-1.25	-20.47	1.37	OK	0.133	0.625	1.66	OK
N22	14	I[15]	-1.7	-99.8	35.4	0.48	-0.25	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.111	0.208	1.47	OK
N22	14	J[14]	18.0	-105.5	39.7	0.48	0.25	-0.69	-20.47	1.37	OK	0.124	0.344	1.54	OK
N22	15	I[16]	0.1	-99.4	4.2	0.50	-0.20	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.013	0.199	1.47	OK
N22	15	J[15]	-1.7	-107.2	2.3	0.50	-0.26	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.007	0.214	1.48	OK
N22	16	I[17]	0.3	-93.7	1.1	0.40	-0.22	-0.25	-20.47	1.37	OK	0.004	0.234	1.49	OK
N22	16	J[16]	0.1	-99.4	0.3	0.40	-0.24	-0.25	-20.47	1.37	OK	0.001	0.248	1.49	OK
N22	17	I[18]	-2.1	-88.8	4.2	0.33	-0.38	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.269	1.50	OK
N22	17	J[17]	0.3	-93.7	5.4	0.33	-0.27	-0.30	-20.47	1.37	OK	0.024	0.284	1.51	OK
N22	18	I[19]	-2.6	-84.8	0.8	0.28	-0.50	-0.10	-20.47	1.37	OK	0.004	0.303	1.52	OK
N22	18	J[18]	-2.1	-89.2	1.3	0.28	-0.48	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.007	0.318	1.52	OK
N22	19	I[20]	-5.8	-81.2	6.2	0.23	-1.01	0.30	-20.47	1.37	OK	0.040	0.505	1.61	OK
N22	19	J[19]	-2.6	-85.0	6.5	0.23	-0.67	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.043	0.369	1.55	OK
N22	20	I[21]	-9.5	-78.2	7.5	0.23	-1.42	0.74	-20.47	1.37	OK	0.049	0.711	1.69	OK
N22	20	J[20]	-5.8	-81.9	7.5	0.23	-1.01	0.30	-20.47	1.37	OK	0.049	0.507	1.61	OK
N22	21	I[22]	-12.6	-75.4	6.5	0.23	-1.76	1.11	-20.47	1.37	OK	0.042	0.881	1.76	OK
N22	21	J[21]	-9.5	-79.1	5.9	0.23	-1.43	0.74	-20.47	1.37	OK	0.039	0.713	1.69	OK
N22	22	I[23]	-15.2	-72.5	5.7	0.23	-2.04	1.41	-20.47	1.37	FESSURATA	0.037	1.020	1.81	OK
N22	22	J[22]	-12.6	-76.1	4.6	0.23	-1.76	1.10	-20.47	1.37	OK	0.030	0.882	1.76	OK
N22	23	I[24]	-16.1	-69.5	2.5	0.23	-2.13	1.52	-20.47	1.37	FESSURATA	0.016	1.063	1.83	OK
N22	23	J[23]	-15.2	-72.9	1.0	0.23	-2.04	1.41	-20.47	1.37	FESSURATA	0.007	1.021	1.81	OK
N22	24	I[25]	-13.5	-66.0	4.2	0.23	-1.82	1.25	-20.47	1.37	OK	0.027	0.910	1.77	OK
N22	24	J[24]	-16.1	-69.2	6.1	0.23	-2.12	1.52	-20.47	1.37	FESSURATA	0.040	1.062	1.83	OK
N22	25	I[26]	-8.0	-62.0	10.0	0.23	-1.17	0.63	-20.47	1.37	OK	0.065	0.586	1.64	OK
N22	25	J[25]	-13.5	-65.0	12.3	0.23	-1.82	1.25	-20.47	1.37	OK	0.080	0.908	1.77	OK
N22	26	I[27]	0.2	-57.6	14.9	0.23	-0.23	-0.27	-20.47	1.37	OK	0.097	0.250	1.49	OK
N22	26	J[26]	-8.0	-60.3	17.6	0.23	-1.16	0.64	-20.47	1.37	OK	0.114	0.582	1.64	OK
N22	27	I[28]	10.0	-53.0	16.4	0.23	0.90	-1.36	-20.47	1.37	OK	0.107	0.879	1.68	OK
N22	27	J[27]	0.2	-55.3	21.9	0.23	-0.22	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.143	0.241	1.49	OK
N22	28	I[29]	18.9	-48.6	12.0	0.23	1.93	-2.35	-20.47	1.37	FESSURATA	0.078	1.175	1.87	OK
N22	28	J[28]	10.0	-50.6	22.8	0.23	0.91	-1.35	-20.47	1.37	OK	0.149	0.674	1.68	OK
N22	29	I[30]	24.0	-45.2	1.7	0.23	2.52	-2.91	-20.47	1.37	FESSURATA	0.011	1.457	1.97	OK
N22	29	J[29]	18.9	-46.7	17.9	0.23	1.94	-2.34	-20.47	1.37	FESSURATA	0.116	1.171	1.87	OK
N22	30	I[31]	23.3	-43.5	9.1	0.23	2.45	-2.83	-20.47	1.37	FESSURATA	0.059	1.415	1.96	OK
N22	30	J[30]	24.0	-44.6	7.3	0.23	2.52	-2.91	-20.47	1.37	FESSURATA	0.047	1.456	1.97	OK
N22	31	I[32]	18.4	-43.6	15.0	0.23	1.90	-2.28	-20.47	1.37	FESSURATA	0.098	1.139	1.86	OK
N22	31	J[31]	23.3	-44.3	3.7	0.23	2.45	-2.83	-20.47	1.37	FESSURATA	0.024	1.417	1.96	OK
N22	32	I[33]	11.9	-44.9	15.8	0.23	1.15	-1.54	-20.47	1.37	OK	0.103	0.772	1.72	OK
N22	32	J[32]	18.4	-45.1	9.5	0.23	1.89	-2.29	-20.47	1.37	FESSURATA	0.062	1.143	1.86	OK
N22	33	I[34]	5.9	-46.7	13.9	0.23	0.46	-0.87	-20.47	1.37	OK	0.091	0.434	1.58	OK
N22	33	J[33]	11.9	-46.5	10.2	0.23	1.15	-1.55	-20.47	1.37	OK	0.066	0.775	1.72	OK
N22	34	I[35]	0.9	-48.7	11.8	0.23	-0.11	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.077	0.241	1.48	OK
N22	34	J[34]	5.9	-48.1	8.1	0.23	0.46	-0.87	-20.47	1.37	OK	0.053	0.437	1.58	OK
N22	35	I[36]	-2.8	-51.0	9.3	0.23	-0.54	0.10	-20.47	1.37	OK	0.060	0.271	1.50	OK
N22	35	J[35]	0.9	-49.8	5.7	0.23	-0.11	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.037	0.217	1.48	OK
N22	36	I[37]	-10.2	-53.7	8.9	0.23	-1.39	0.92	-20.47	1.37	OK	0.058	0.696	1.69	OK
N22	36	J[36]	-6.6	-52.1	5.5	0.23	-0.98	0.52	-20.47	1.37	OK	0.036	0.489	1.60	OK
N22	37	I[38]	-12.1	-56.3	5.4	0.23	-1.62	1.13	-20.47	1.37	OK	0.035	0.810	1.73	OK
N22	37	J[37]	-10.2	-54.4	2.2	0.23	-1.39	0.92	-20.47	1.37	OK	0.015	0.697	1.69	OK
N22	38	I[39]	-12.1	-58.9	1.4	0.23	-1.63	1.11	-20.47	1.37	OK	0.009	0.813	1.73	OK
N22	38	J[38]	-12.1	-56.6	1.5	0.23	-1.62	1.13	-20.47	1.37	OK	0.010	0.810	1.73	OK
N22	39	I[40]	-9.9	-61.4	3.0	0.23	-1.39	0.86	-20.47	1.37	OK	0.020	0.696	1.69	OK
N22	39	J[39]	-12.1	-58.7	5.6	0.23	-1.63	1.12	-20.47	1.37	OK	0.037	0.813	1.73	OK
N22	40	I[41]	-7.1	-63.7	4.5	0.23	-1.09	0.53	-20.47	1.37	OK	0.029	0.543	1.62	OK
N22	40	J[40]	-9.9	-60.8	6.7	0.23	-1.39	0.86	-20.47	1.37	OK	0.044	0.695	1.68	OK
N22	41	I[42]	-4.6	-66.4	4.1	0.23	-0.81	0.23	-20.47	1.37	OK	0.027	0.405	1.56	OK
N22	41	J[41]	-7.1	-63.1	6.0	0.23	-1.08	0.53	-20.47	1.37					

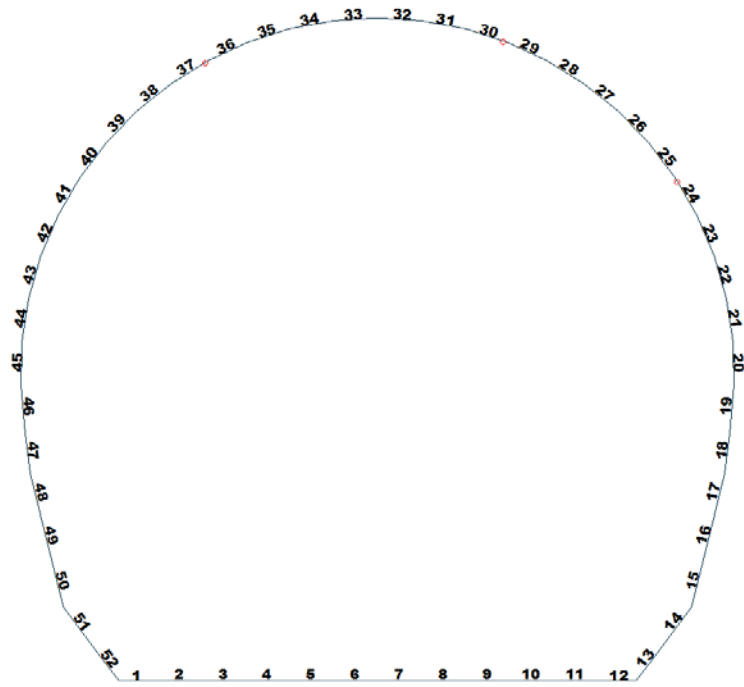


Figure 21 Beam end release

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			
$C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	0.000159	[rad/kN <sup>2</sup> m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	6'300	[kN <sup>2</sup> /rad]		d	0.30	[m]	
$M_{nodo}$	8.520	[kN <sup>2</sup> m]		e	0.1399	[m]	
$N_{nodo}$	60.900	[kN]		a	0.03	[m]	
$V_{nodo}$	6.300	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0013170	[rad]	1.317045
$C_{f_{MIDAS}} = C_{f_{pöttler}}$	SI			$C_{f_{pöttler}}$	0.0001546	[rad/kN <sup>2</sup> m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/C_{f_{pöttler}}$	6'469	[kN <sup>2</sup> /rad]	

**ITERAZIONE IN NODO 24 i**

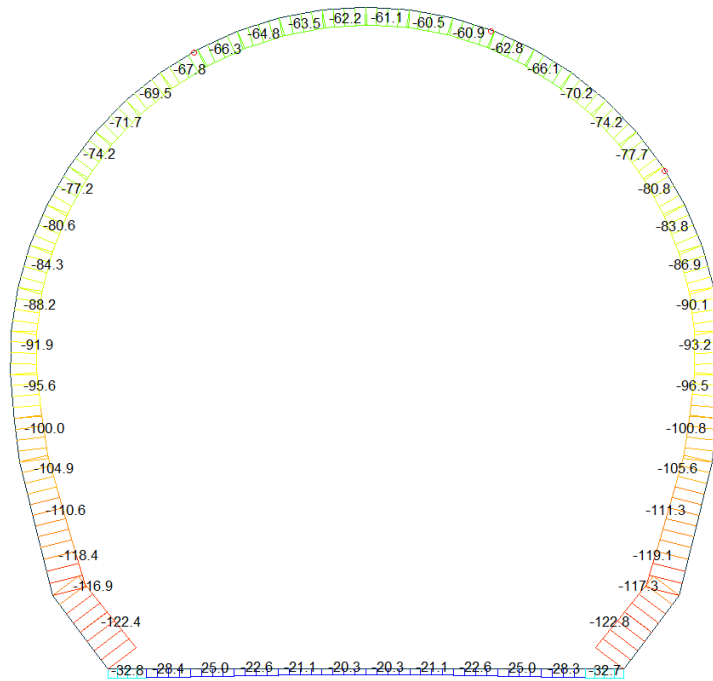
MIDAS				PÖTTLER			
$C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	0.000049	[rad/kN <sup>2</sup> m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	20'500	[kN <sup>2</sup> /rad]		d	0.30	[m]	
$M_{nodo}$	10.700	[kN <sup>2</sup> m]		e	0.1332	[m]	
$N_{nodo}$	80.360	[kN]		a	0.05	[m]	
$V_{nodo}$	5.320	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0005494	[rad]	0.549431
$C_{f_{MIDAS}} = C_{f_{pöttler}}$	SI			$C_{f_{pöttler}}$	0.0000513	[rad/kN <sup>2</sup> m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/C_{f_{pöttler}}$	19'475	[kN <sup>2</sup> /rad]	

**ITERAZIONE IN NODO 37 j**

MIDAS				PÖTTLER			
$C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	0.000050	[rad/kN <sup>2</sup> m]		$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	19'900	[kN <sup>2</sup> /rad]		d	0.30	[m]	
$M_{nodo}$	8.730	[kN <sup>2</sup> m]		e	0.1326	[m]	
$N_{nodo}$	65.850	[kN]		a	0.05	[m]	
$V_{nodo}$	6.750	[kN]		$\Psi_{pöttler}$	0.0004158	[rad]	0.415771
$C_{f_{MIDAS}} = C_{f_{pöttler}}$	SI			$C_{f_{pöttler}}$	0.0000476	[rad/kN <sup>2</sup> m]	
$\Psi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI			$1/C_{f_{pöttler}}$	20'997	[kN <sup>2</sup> /rad]	



Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



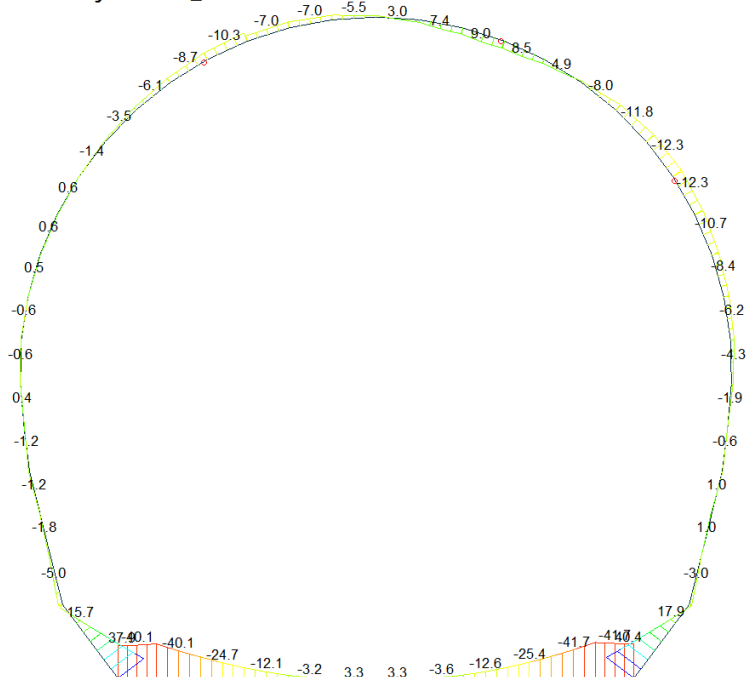
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-20.33
Cyan	-29.65
Green	-38.97
Light Green	-48.29
Yellow-Green	-57.60
Yellow	-66.92
Light Orange	-76.24
Orange	-85.56
Dark Orange	-94.88
Red-Orange	-104.20
Red	-113.52
Dark Red	-122.83

ST: N22  
MAX : 7  
MIN : 13  
FILE: GE\_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\_N22



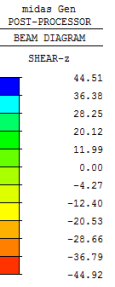
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

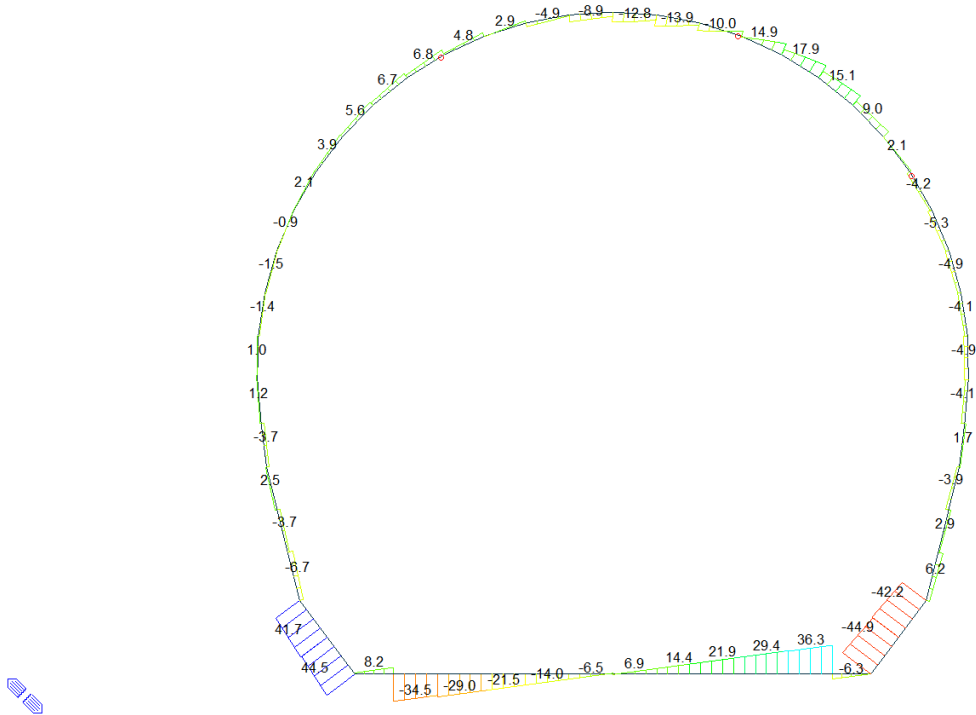
Blue	40.38
Cyan	32.92
Green	25.46
Light Green	18.00
Yellow-Green	10.53
Yellow	0.00
Light Orange	-4.39
Orange	-11.86
Dark Orange	-19.32
Red-Orange	-26.78
Red	-34.24
Dark Red	-41.71

ST: N22  
MAX : 13  
MIN : 11  
FILE: GE\_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\_N22



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



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,95}$ [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
$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,90\%}$ [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> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
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]	$\Phi_{Pottier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Pottier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$W_{Pottier}$ [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> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
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> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
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]	$\Phi_{Pottier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Pottier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$W_{Pottier}$ [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> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
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> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
N22	37 j	Volta Sx	8.7	65.9	6.8	26'400'000	0.133	0.30	OK	2.52	20.47	OK

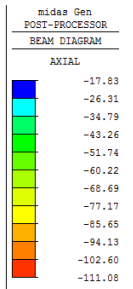
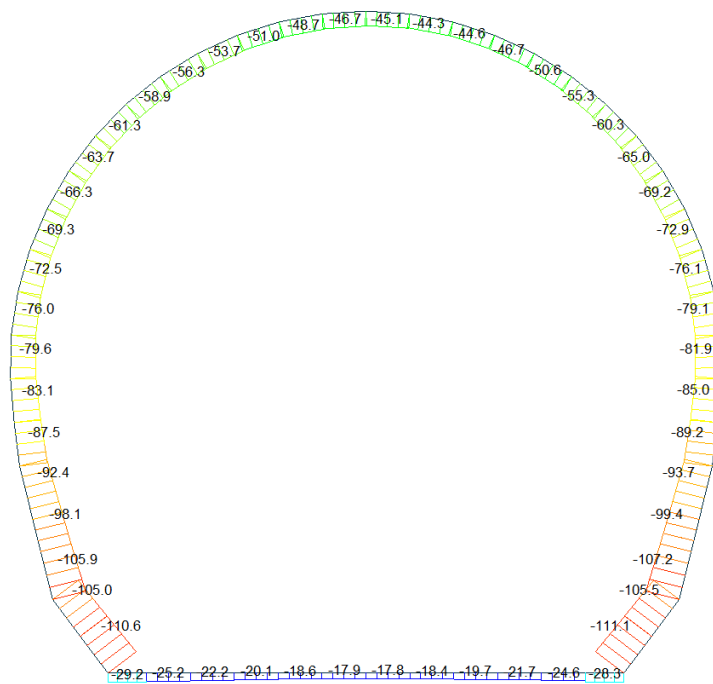
Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Phi_{Pottier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Pottier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima < 4 [mrad]	$W_{Pottier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
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													

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			
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ct,d,90%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ct,d,80%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]		f <sub>ct,d(Ec2)</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio τ <sub>cp,max</sub> ≤ F <sub>ct,d</sub>		
																OK	OK
N22	1	J[1]	-37.9	-32.8	1.6	0.53	-0.87	0.75	-20.47	1.37	OK	0.023	0.456	1.59	OK		
N22	1	J[2]	-40.1	-32.7	8.2	0.53	-0.92	0.79	-20.47	1.37	OK	0.023	0.459	1.59	OK		
N22	2	J[2]	-40.1	-28.4	34.5	0.53	-0.91	0.80	-20.47	1.37	OK	0.098	0.455	1.58	OK		
N22	2	J[3]	-24.7	-28.4	27.0	0.53	-0.58	0.47	-20.47	1.37	OK	0.076	0.291	1.51	OK		
N22	3	J[3]	-24.7	-25.0	29.0	0.53	-0.58	0.48	-20.47	1.37	OK	0.082	0.288	1.51	OK		
N22	3	J[4]	-12.1	-25.0	21.5	0.53	-0.31	0.21	-20.47	1.37	OK	0.061	0.153	1.45	OK		
N22	4	J[4]	-12.1	-22.7	21.5	0.53	-0.30	0.22	-20.47	1.37	OK	0.061	0.151	1.45	OK		
N22	4	J[5]	-3.2	-22.7	14.0	0.53	-0.11	0.03	-20.47	1.37	OK	0.040	0.056	1.40	OK		
N22	5	J[5]	-3.2	-21.1	14.0	0.53	-0.11	0.03	-20.47	1.37	OK	0.040	0.054	1.40	OK		
N22	5	J[6]	1.9	-21.1	6.5	0.53	0.00	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.018	0.040	1.39	OK		
N22	6	J[6]	1.9	-20.3	6.5	0.53	0.00	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.018	0.039	1.39	OK		
N22	6	J[7]	3.3	-20.3	1.0	0.53	0.03	-0.11	-20.47	1.37	OK	0.003	0.054	1.40	OK		
N22	7	J[7]	3.3	-20.3	0.6	0.53	0.03	-0.11	-20.47	1.37	OK	0.002	0.054	1.40	OK		
N22	7	J[8]	1.7	-20.3	6.9	0.53	0.00	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.019	0.038	1.39	OK		
N22	8	J[8]	1.7	-21.1	6.9	0.53	0.00	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.019	0.040	1.39	OK		
N22	8	J[9]	-3.6	-21.1	14.4	0.53	-0.12	0.04	-20.47	1.37	OK	0.041	0.058	1.40	OK		
N22	9	J[9]	-3.6	-22.6	14.4	0.53	-0.12	0.03	-20.47	1.37	OK	0.041	0.060	1.40	OK		
N22	9	J[10]	-12.7	-22.6	21.9	0.53	-0.31	0.23	-20.47	1.37	OK	0.062	0.156	1.45	OK		
N22	10	J[10]	-12.7	-25.0	21.9	0.53	-0.32	0.22	-20.47	1.37	OK	0.062	0.159	1.45	OK		
N22	10	J[11]	-25.5	-25.0	29.4	0.53	-0.59	0.50	-20.47	1.37	OK	0.083	0.295	1.51	OK		
N22	11	J[11]	-25.5	-28.3	28.8	0.53	-0.60	0.49	-20.47	1.37	OK	0.081	0.299	1.51	OK		
N22	11	J[12]	-41.7	-28.3	36.3	0.53	-0.94	0.84	-20.47	1.37	OK	0.103	0.472	1.59	OK		
N22	12	J[12]	-41.7	-32.7	6.3	0.53	-0.95	0.83	-20.47	1.37	OK	0.018	0.476	1.59	OK		
N22	12	J[13]	-40.4	-32.7	0.3	0.53	-0.92	0.80	-20.47	1.37	OK	0.001	0.462	1.59	OK		
N22	13	J[14]	18.0	-117.1	40.6	0.48	0.22	-0.71	-20.47	1.37	OK	0.127	0.356	1.54	OK		
N22	13	J[13]	40.4	-122.8	44.9	0.48	0.80	-1.31	-20.47	1.37	OK	0.140	0.654	1.67	OK		
N22	14	J[15]	-3.0	-111.6	37.9	0.48	-0.31	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.118	0.232	1.48	OK		
N22	14	J[14]	18.0	-117.3	42.2	0.48	0.22	-0.71	-20.47	1.37	OK	0.132	0.356	1.54	OK		
N22	15	J[16]	-0.1	-111.3	6.2	0.50	-0.22	-0.22	-20.47	1.37	OK	0.019	0.225	1.48	OK		
N22	15	J[15]	-3.0	-119.1	4.3	0.50	-0.31	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.013	0.238	1.49	OK		
N22	16	J[17]	1.0	-105.6	2.9	0.40	-0.23	-0.30	-20.47	1.37	OK	0.011	0.264	1.50	OK		
N22	16	J[16]	-0.1	-111.3	1.5	0.40	-0.28	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.006	0.278	1.51	OK		
N22	17	J[18]	-0.6	-100.7	2.7	0.33	-0.34	-0.27	-20.47	1.37	OK	0.012	0.305	1.52	OK		
N22	17	J[17]	1.0	-105.6	3.9	0.33	-0.26	-0.38	-20.47	1.37	OK	0.018	0.320	1.52	OK		
N22	18	J[19]	0.1	-96.5	1.7	0.28	-0.34	-0.35	-20.47	1.37	OK	0.009	0.345	1.54	OK		
N22	18	J[18]	-0.6	-100.8	1.2	0.28	-0.41	-0.31	-20.47	1.37	OK	0.006	0.360	1.54	OK		
N22	19	J[20]	-1.9	-92.8	3.8	0.23	-0.62	-0.19	-20.47	1.37	OK	0.025	0.403	1.56	OK		
N22	19	J[19]	0.1	-96.5	4.1	0.23	-0.41	-0.43	-20.47	1.37	OK	0.027	0.420	1.57	OK		
N22	20	J[21]	-4.3	-89.5	4.9	0.23	-0.88	0.10	-20.47	1.37	OK	0.032	0.439	1.58	OK		
N22	20	J[20]	-1.9	-93.2	4.9	0.23	-0.62	-0.19	-20.47	1.37	OK	0.032	0.405	1.56	OK		
N22	21	J[22]	-6.2	-86.4	4.1	0.23	-1.08	0.33	-20.47	1.37	OK	0.027	0.540	1.62	OK		
N22	21	J[21]	-4.3	-90.1	3.5	0.23	-0.88	0.10	-20.47	1.37	OK	0.023	0.440	1.58	OK		
N22	22	J[23]	-8.4	-83.3	4.9	0.23	-1.31	0.59	-20.47	1.37	OK	0.032	0.657	1.67	OK		
N22	22	J[22]	-6.2	-86.9	3.9	0.23	-1.08	0.33	-20.47	1.37	OK	0.025	0.541	1.62	OK		
N22	23	J[24]	-10.7	-80.4	5.3	0.23	-1.56	0.86	-20.47	1.37	OK	0.035	0.782	1.72	OK		
N22	23	J[23]	-8.4	-83.8	3.9	0.23	-1.32	0.59	-20.47	1.37	OK	0.025	0.659	1.67	OK		
N22	24	J[25]	-12.3	-77.6	4.2	0.23	-1.73	1.06	-20.47	1.37	OK	0.027	0.867	1.75	OK		
N22	24	J[24]	-10.7	-80.8	2.3	0.23	-1.57	0.86	-20.47	1.37	OK	0.015	0.783	1.72	OK		
N22	25	J[26]	-11.8	-74.7	0.2	0.23	-1.67	1.02	-20.47	1.37	OK	0.001	0.833	1.74	OK		
N22	25	J[25]	-12.3	-77.7	2.1	0.23	-1.73	1.06	-20.47	1.37	OK	0.014	0.867	1.75	OK		
N22	26	J[27]	-8.0	-71.5	6.4	0.23	-1.22	0.59	-20.47	1.37	OK	0.042	0.608	1.65	OK		
N22	26	J[26]	-11.8	-74.2	9.0	0.23	-1.66	1.02	-20.47	1.37	OK	0.059	0.832	1.74	OK		
N22	27	J[28]	-1.6	-67.8	9.7	0.23	-0.47	-0.12	-20.47	1.37	OK	0.063	0.295	1.51	OK		
N22	27	J[27]	-8.0	-70.2	15.1	0.23	-1.21	0.60	-20.47	1.37	OK	0.099	0.605	1.65	OK		
N22	28	J[29]	4.9	-64.1	7.1	0.23	0.28	-0.83	-20.47	1.37	OK	0.046	0.417	1.57	OK		
N22	28	J[28]	-1.6	-66.1	17.9	0.23	-0.47	-0.11	-20.47	1.37	OK	0.117	0.287	1.51	OK		
N22	29	J[30]	8.5	-63.2	1.2	0.23	0.70	-1.23	-20.47	1.37	OK	0.008	0.616	1.65	OK		
N22	29	J[29]	4.9	-62.8	14.9	0.23	0.28	-0.83	-20.47	1.37	OK	0.097	0.414	1.57	OK		
N22	30	J[31]	7.4	-59.8	10.0	0.23	0.58	-1.10	-20.47	1.37	OK	0.065	0.548	1.62	OK		
N22	30	J[30]	8.5	-60.9	6.3	0.23	0.70	-1.23	-20.47	1.37	OK	0.041	0.616	1.65	OK		
N22	31	J[32]	3.0	-59.9	13.9	0.23	0.08	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.091	0.302	1.52	OK		
N22	31	J[31]	7.4	-60.5	2.6	0.23	0.57	-1.10	-20.47	1.37	OK	0.017	0.550	1.62	OK		
N22	32	J[33]	-2.0	-60.9	12.8	0.23	-0.49	-0.04	-20.47	1.37	OK	0.083	0.265	1.50	OK		
N22	32	J[32]	3.0	-61.1	6.5	0.23	0.08	-0.61	-20.47	1.37	OK	0.042	0.305	1.52	OK		
N22	33	J[34]	-5.5	-62.2	8.9	0.23	-0.90	0.35	-20.47	1.37	OK	0.058	0.448	1.58	OK		
N22	33	J[33]	-2.0	-62.0	5.2	0.23	-0.49	-0.04	-20.47	1.37	OK	0.034	0.270	1.50	OK		
N22	34	J[35]	-7.0	-63.5	4.9	0.23	-1.07	0.52	-20.47	1.37	OK	0.032	0.537	1.62	OK		
N22	34	J[34]	-5.5	-62.8	1.2	0.23	-0.90	0.35	-20.47	1.37	OK	0.008	0.449	1.58	OK		
N22	35	J[36]	-6.5	-64.8	0.6	0.23	-1.01	0.45	-20.47	1.37	OK	0.004	0.507	1.61	OK		
N22	35	J[35]	-7.0	-63.7	2.9	0.23	-1.08	0.52	-20.47	1.37	OK	0.019	0.538	1.62	OK		
N22	36	J[37]	-8.7	-66.4	1.4	0.23	-1.28	0.70	-20.47	1.37	OK	0.009	0.639	1.66	OK		
N22	36	J[36]	-10.3	-64.8	4.8	0.23	-1.45	0.88	-20.47	1.37	OK	0.031	0.723	1.70	OK		
N22	37	J[38]	-6.2	-67.8	3.6	0.23	-0.99	0.40	-20.47	1.37	OK	0.023	0.496	1.60	OK		
N22	37	J[37]	-8.7	-65.9	6.8	0.23	-1.28	0.70	-20.47	1.37	OK	0.044	0.638	1.66	OK		
N22	38	J[39]	-3.5	-69.5	3.8	0.23	-0.70	0.10	-20.47	1.37	OK	0.025	0.351	1.54	OK		
N22	38	J[38]	-6.2	-67.2	6.7	0.23	-0.99	0.41	-20.47	1.37	OK	0.044	0.495	1.60	OK		
N22	39	J[40]	-1.4	-71.7	2.9	0.23	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.312	1.52	OK		
N22	39	J[39]	-3.5	-69.0	5.6	0.23	-0.70	0.10	-20.47	1.37	OK	0.036	0.350	1.54	OK		
N22	40	J[41]	0.0	-74.2	1.6	0.23	-0.33	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.010	0.323	1.53	OK		
N22	40	J[40]	-1.4	-71.2	3.9	0.23	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.025	0.310	1.52	OK		
N22	41	J[42]	0.6	-77.2	0.3	0.23	-0.27	-0.40	-20.47	1.37	OK	0.002	0.336	1.53	OK		
N22	41	J[41]	0.0	-74.0	2.1	0.23	-0.33	-0.32	-20.47	1.37	OK	0.014	0.322	1.53	OK		
N22	42	J[43]	0.5	-80.6	0.9	0.23	-0.30	-0.41	-20.47	1.37	OK	0.006	0.351	1.54	OK		
N22	42	J[42]	0.6	-77.2	0.6	0.23	-0.27	-0.40	-20.47	1.37	OK	0.004	0.336	1.53	OK		
N22	43	J[44]	0.0	-84.3	1.5	0.23	-0.37	-0.37	-20.47	1.37	OK	0.010	0.367	1			

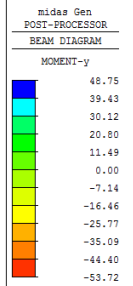
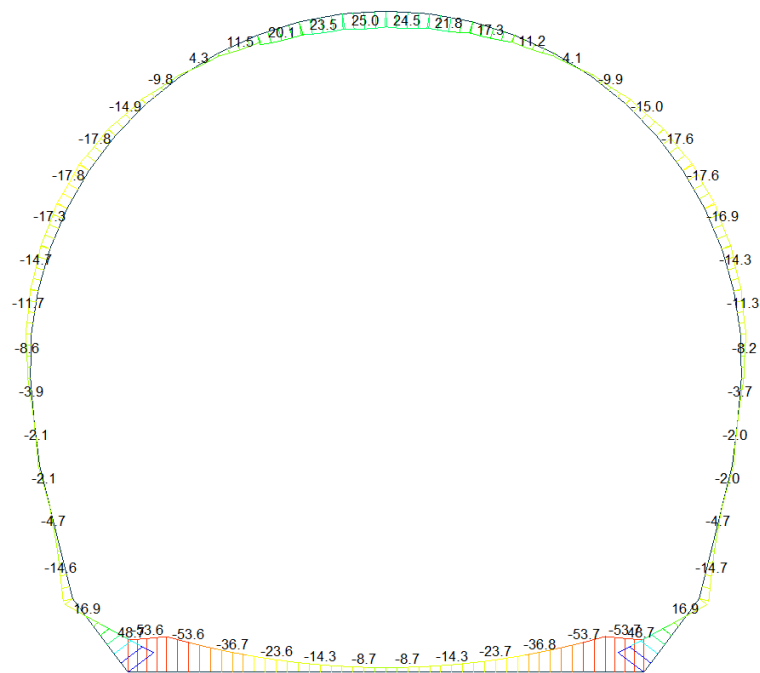
A.5.4.14. Load combination SLU 22 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



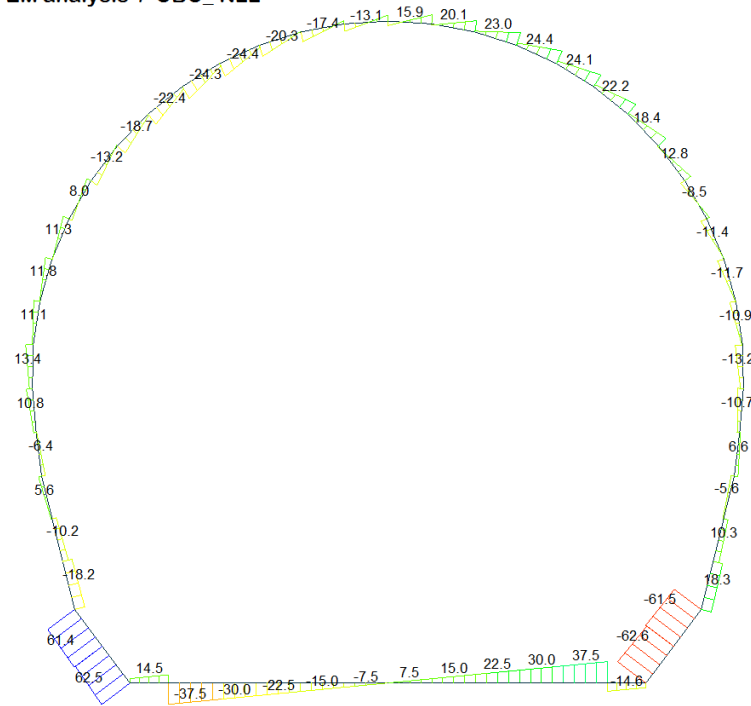
ST: N22  
MAX : 7  
MIN : 13  
FILE: GL\_T1-T3  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / CBC\_N22



CBC: N22  
MAX : 13  
MIN : 11  
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 - FEM analysis / CBC\_N22



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

62.52
51.14
39.76
28.38
17.00
0.00
-5.75
-17.13
-28.51
-39.89
-51.27
-62.65

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



VERIFICHE SEZIONALI

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,95}$ [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	$E_c$ [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]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [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> ]	$f_{ctd,EC2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio
N22	1	I[1]	-48.7	-68.0	7.9	0.53	-1.17	0.91	-20.47	1.37	OK	0.022	0.584	1.64	OK
N22	1	J[2]	-53.6	-68.0	14.5	0.53	-1.27	1.02	-20.47	1.37	OK	0.041	0.637	1.66	OK
N22	2	I[2]	-53.6	-59.0	37.5	0.53	-1.26	1.03	-20.47	1.37	OK	0.106	0.628	1.66	OK
N22	2	J[3]	-36.7	-59.0	30.0	0.53	-0.90	0.67	-20.47	1.37	OK	0.085	0.448	1.58	OK
N22	3	I[3]	-36.7	-52.1	30.0	0.53	-0.88	0.69	-20.47	1.37	OK	0.085	0.441	1.58	OK
N22	3	J[4]	-23.6	-52.1	22.5	0.53	-0.60	0.41	-20.47	1.37	OK	0.064	0.301	1.52	OK
N22	4	I[4]	-23.6	-47.1	22.5	0.53	-0.59	0.42	-20.47	1.37	OK	0.064	0.297	1.51	OK
N22	4	J[5]	-14.3	-47.1	15.0	0.53	-0.39	0.22	-20.47	1.37	OK	0.042	0.197	1.47	OK
N22	5	I[5]	-14.3	-43.9	15.0	0.53	-0.39	0.22	-20.47	1.37	OK	0.042	0.194	1.47	OK
N22	5	J[6]	-8.7	-43.9	7.5	0.53	-0.27	0.10	-20.47	1.37	OK	0.021	0.134	1.44	OK
N22	6	I[6]	-8.7	-42.3	7.5	0.53	-0.26	0.10	-20.47	1.37	OK	0.021	0.132	1.44	OK
N22	6	J[7]	-6.8	-42.3	0.0	0.53	-0.22	0.07	-20.47	1.37	OK	0.000	0.112	1.43	OK
N22	7	I[7]	-6.8	-42.4	0.0	0.53	-0.22	0.07	-20.47	1.37	OK	0.000	0.112	1.43	OK
N22	7	J[8]	-8.7	-42.4	7.5	0.53	-0.27	0.11	-20.47	1.37	OK	0.021	0.133	1.44	OK
N22	8	I[8]	-8.7	-44.0	7.5	0.53	-0.27	0.10	-20.47	1.37	OK	0.021	0.134	1.44	OK
N22	8	J[9]	-14.3	-44.0	15.0	0.53	-0.39	0.22	-20.47	1.37	OK	0.043	0.194	1.47	OK
N22	9	I[9]	-14.3	-47.2	15.0	0.53	-0.39	0.22	-20.47	1.37	OK	0.043	0.197	1.47	OK
N22	9	J[10]	-23.7	-47.2	22.5	0.53	-0.60	0.42	-20.47	1.37	OK	0.064	0.298	1.51	OK
N22	10	I[10]	-23.7	-52.2	22.5	0.53	-0.60	0.41	-20.47	1.37	OK	0.064	0.302	1.52	OK
N22	10	J[11]	-36.8	-52.2	30.0	0.53	-0.89	0.69	-20.47	1.37	OK	0.085	0.443	1.58	OK
N22	11	I[11]	-36.8	-59.1	30.0	0.53	-0.90	0.68	-20.47	1.37	OK	0.085	0.449	1.58	OK
N22	11	J[12]	-53.7	-59.1	37.5	0.53	-1.26	1.04	-20.47	1.37	OK	0.106	0.630	1.66	OK
N22	12	I[12]	-53.7	-68.2	14.6	0.53	-1.28	1.02	-20.47	1.37	OK	0.041	0.638	1.66	OK
N22	12	J[13]	-48.8	-68.3	8.0	0.53	-1.17	0.91	-20.47	1.37	OK	0.023	0.585	1.64	OK
N22	13	I[14]	16.9	-209.5	59.1	0.48	0.00	-0.88	-20.47	1.37	OK	0.185	0.438	1.56	OK
N22	13	J[13]	48.8	-215.3	62.7	0.48	0.82	-1.72	-20.47	1.37	OK	0.196	0.859	1.75	OK
N22	14	I[15]	-14.7	-204.1	59.3	0.48	-0.81	-0.04	-20.47	1.37	OK	0.185	0.425	1.57	OK
N22	14	J[14]	16.9	-209.9	61.5	0.48	0.00	-0.88	-20.47	1.37	OK	0.192	0.438	1.58	OK
N22	15	I[16]	-4.7	-205.7	16.9	0.50	-0.53	-0.30	-20.47	1.37	OK	0.051	0.411	1.57	OK
N22	15	J[15]	-14.7	-213.5	18.3	0.50	-0.78	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.055	0.427	1.57	OK
N22	16	I[17]	-0.2	-200.0	7.7	0.40	-0.51	-0.49	-20.47	1.37	OK	0.029	0.500	1.60	OK
N22	16	J[16]	-4.7	-205.7	10.3	0.40	-0.69	-0.34	-20.47	1.37	OK	0.038	0.514	1.61	OK
N22	17	I[18]	-2.0	-195.1	5.6	0.33	-0.70	-0.48	-20.47	1.37	OK	0.025	0.591	1.64	OK
N22	17	J[17]	-0.2	-200.0	1.8	0.33	-0.62	-0.59	-20.47	1.37	OK	0.008	0.606	1.65	OK
N22	18	I[18]	0.0	-190.7	1.1	0.28	-0.68	-0.68	-20.47	1.37	OK	0.006	0.681	1.68	OK
N22	18	J[18]	-2.0	-195.1	6.6	0.28	-0.85	-0.54	-20.47	1.37	OK	0.035	0.697	1.69	OK
N22	19	I[19]	-3.7	-187.0	10.7	0.23	-1.23	-0.39	-20.47	1.37	OK	0.070	0.813	1.73	OK
N22	19	J[19]	0.0	-198.8	4.3	0.23	-0.83	-0.83	-20.47	1.37	OK	0.028	0.829	1.74	OK
N22	20	I[20]	-8.2	-184.1	13.2	0.23	-1.07	-0.13	-20.47	1.37	OK	0.066	0.868	1.75	OK
N22	20	J[20]	-3.7	-187.9	5.1	0.23	-1.24	-0.40	-20.47	1.37	OK	0.034	0.817	1.73	OK
N22	21	I[21]	-11.3	-181.4	10.9	0.23	-2.07	0.49	-20.47	1.37	OK	0.071	1.034	1.82	OK
N22	21	J[21]	-8.2	-185.1	1.4	0.23	-1.74	0.13	-20.47	1.37	OK	0.009	0.870	1.75	OK
N22	22	I[22]	-14.3	-178.5	11.7	0.23	-2.40	0.85	-20.47	1.37	OK	0.076	1.200	1.88	OK
N22	22	J[22]	-11.3	-182.1	0.7	0.23	-2.07	0.49	-20.47	1.37	OK	0.004	1.035	1.82	OK
N22	23	I[23]	-16.9	-175.7	11.5	0.23	-2.68	1.15	-20.47	1.37	OK	0.075	1.339	1.93	OK
N22	23	J[23]	-14.3	-179.2	1.0	0.23	-2.40	0.84	-20.47	1.37	OK	0.007	1.201	1.88	OK
N22	24	I[24]	-17.6	-172.9	8.5	0.23	-2.75	1.25	-20.47	1.37	OK	0.055	1.374	1.94	OK
N22	24	J[24]	-16.9	-176.1	5.4	0.23	-2.68	1.15	-20.47	1.37	OK	0.035	1.340	1.93	OK
N22	25	I[25]	-15.0	-169.6	2.5	0.23	-2.44	0.96	-20.47	1.37	OK	0.016	1.219	1.89	OK
N22	25	J[25]	-17.6	-172.6	12.8	0.23	-2.75	1.25	-20.47	1.37	OK	0.083	1.374	1.94	OK
N22	26	I[26]	-9.9	-165.9	1.8	0.23	-1.84	0.40	-20.47	1.37	OK	0.012	0.922	1.78	OK
N22	26	J[26]	-15.0	-168.6	18.4	0.23	-2.43	0.97	-20.47	1.37	OK	0.120	1.217	1.89	OK
N22	27	I[27]	-3.3	-162.1	4.3	0.23	-1.07	-0.34	-20.47	1.37	OK	0.028	0.795	1.69	OK
N22	27	J[27]	-9.9	-164.5	22.2	0.23	-1.84	0.41	-20.47	1.37	OK	0.145	0.915	1.77	OK
N22	28	I[28]	4.1	-158.4	5.0	0.23	-0.23	-1.15	-20.47	1.37	OK	0.032	0.689	1.68	OK
N22	28	J[28]	-3.3	-160.4	24.2	0.23	-1.07	-0.33	-20.47	1.37	OK	0.158	0.697	1.69	OK
N22	29	I[29]	11.2	-155.0	4.0	0.23	0.60	-1.94	-20.47	1.37	OK	0.026	0.972	1.79	OK
N22	29	J[29]	4.1	-156.6	24.4	0.23	-0.22	-1.14	-20.47	1.37	OK	0.159	0.681	1.68	OK
N22	30	I[30]	17.4	-152.2	1.5	0.23	1.31	-2.63	-20.47	1.37	OK	0.009	1.315	1.92	OK
N22	30	J[30]	11.2	-153.4	23.0	0.23	0.60	-1.94	-20.47	1.37	OK	0.150	0.969	1.79	OK
N22	31	I[31]	21.8	-150.2	2.5	0.23	1.82	-3.12	-20.47	1.37	FESSURATA	0.017	1.562	2.01	OK
N22	31	J[31]	17.4	-150.9	20.1	0.23	1.31	-2.62	-20.47	1.37	OK	0.131	1.312	1.92	OK
N22	32	I[32]	23.9	-149.1	7.8	0.23	2.03	-3.35	-20.47	1.37	FESSURATA	0.051	1.677	2.05	OK
N22	32	J[32]	21.8	-149.4	15.9	0.23	1.82	-3.12	-20.47	1.37	FESSURATA	0.104	1.560	2.01	OK
N22	33	I[33]	23.2	-149.2	13.2	0.23	1.98	-3.28	-20.47	1.37	FESSURATA	0.086	1.639	2.03	OK
N22	33	J[33]	23.9	-149.0	10.6	0.23	2.03	-3.35	-20.47	1.37	FESSURATA	0.069	1.677	2.05	OK
N22	34	I[34]	20.1	-150.4	17.4	0.23	1.63	-2.93	-20.47	1.37	FESSURATA	0.113	1.467	1.97	OK
N22	34	J[34]	23.2	-149.7	5.3	0.23	1.98	-3.28	-20.47	1.37	FESSURATA	0.034	1.640	2.03	OK
N22	35	I[35]	15.3	-152.5	20.4	0.23	1.07	-2.40	-20.47	1.37	OK	0.133	1.199	1.88	OK
N22	35	J[35]	20.1	-151.4	1.2	0.23	1.62	-2.94	-20.47	1.37	FESSURATA	0.008	1.470	1.98	OK
N22	36	I[36]	4.3	-155.8	24.4	0.23	-0.19	-1.17	-20.47	1.37	OK	0.159	0.677	1.68	OK
N22	36	J[36]	11.5	-154.3	4.0	0.23	0.63	-1.97	-20.47	1.37	OK	0.026	0.987	1.80	OK
N22	37	I[37]	-3.0	-159.6	24.3	0.23	-1.04	-0.35	-20.47	1.37	OK	0.158	0.694	1.68	OK
N22	37	J[37]	4.3	-157.6	5.1	0.23	-0.19	-1.18	-20.47	1.37	OK	0.033	0.685	1.68	OK
N22	38	I[38]	-9.8	-163.7	22.4	0.23	-1.82	0.40	-20.47	1.37	OK	0.146	0.911	1.77	OK
N22	38	J[38]	-3.0	-161.4	4.5	0.23	-1.05	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.029	0.702	1.69	OK
N22	39	I[39]	-14.9	-167.9	18.7	0.23	-2.42	0.96	-20.47	1.37	OK	0.122	1.212	1.88	OK
N22	39	J[39]	-9.8	-165.3	2.1	0.23	-1.83	0.39	-20.47	1.37	OK	0.014	0.914	1.77	OK
N22	40	I[40]	-17.8	-172.0	13.2	0.23	-2.76	1.27	-20.47	1.37	OK	0.086	1.381	1.94	OK
N22	40	J[40]	-14.9	-169.0	2.1	0.23	-2.43	0.96	-20.47	1.37	OK	0.014	1.215	1.88	OK
N22	41	I[41]	-17.3	-175.5	5.8	0.23	-2.72	1.19	-20.47	1.37	OK	0.038	1.360	1.94	OK
N22	41	J[41]	-17												

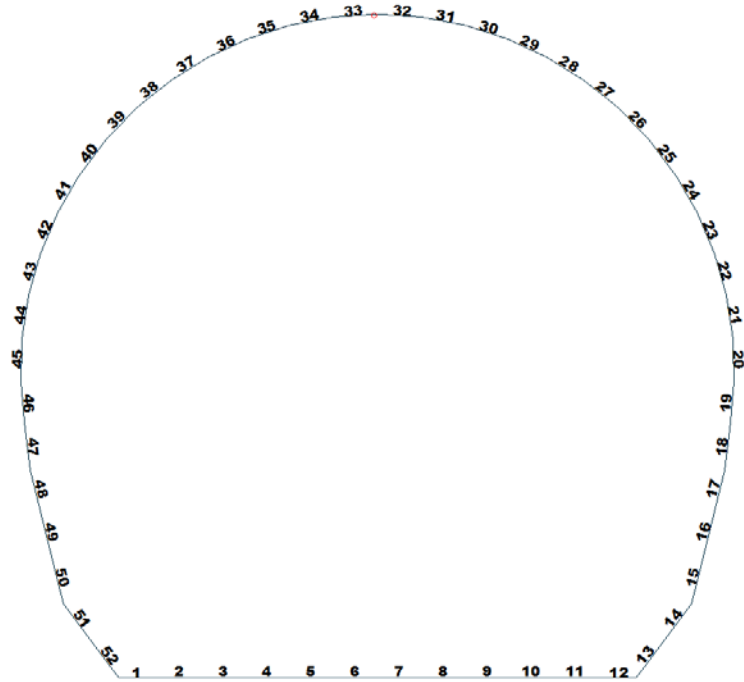


Figure 22 Beam end release

Table 9 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	90000	0

**ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER**

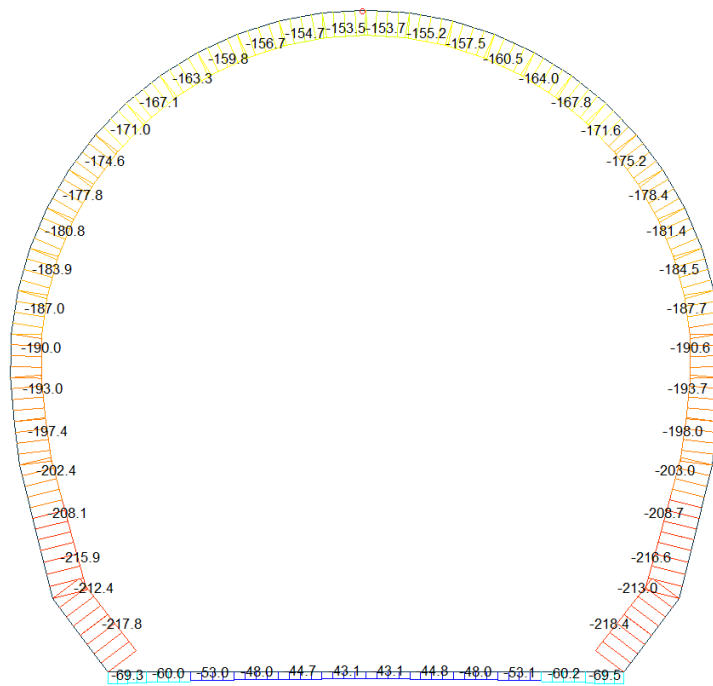
**CALCOLO CERNIERE PLASTICHE**

**ITERAZIONE IN NODO 33 j**

MIDAS			PÖTTLER		
$C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	0.000011	[rad/kN*m]	$E_g$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/C_{f_{iniziale, arbitraria}}$	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]	$\Phi_{pöttler}$	0.0002010	[rad]
$C_{f_{MIDAS}} = C_{f_{pöttler}}$	SI		$C_{f_{pöttler}}$	0.0000111	[rad/kN*m]
$\Phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/C_{f_{pöttler}}$	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

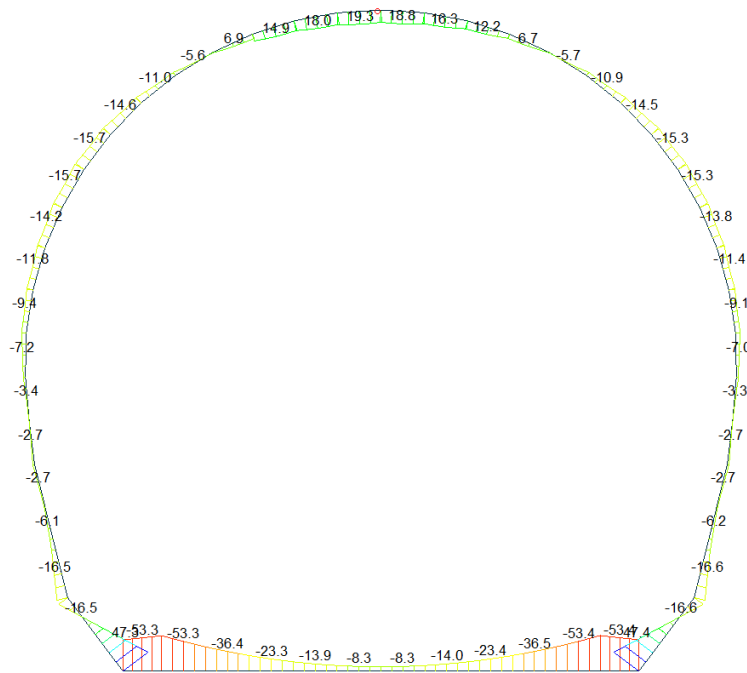
ST: N22

MAX : 6  
MIN : 13

FILE: GE\_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

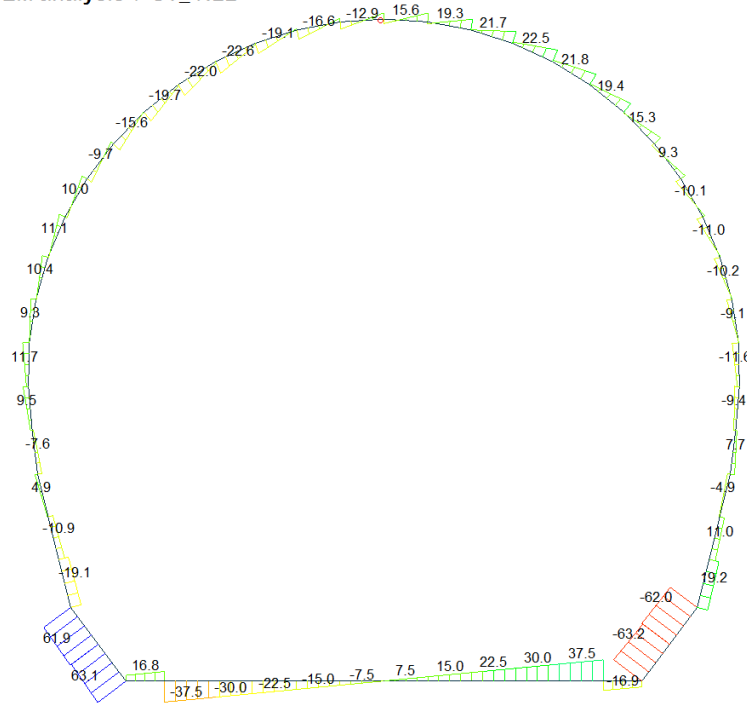
MAX : 13  
MIN : 11

FILE: GE\_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	$f_{ctd,95}$ [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
$f_{ctd,80\%}$ [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 33 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_g = 0.8 \cdot E_{cm}$ [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 $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N22	33 j	Calotta	18.1	153.3	10.8	26'400'000	0.118	0.30	OK	3.23	20.47	OK

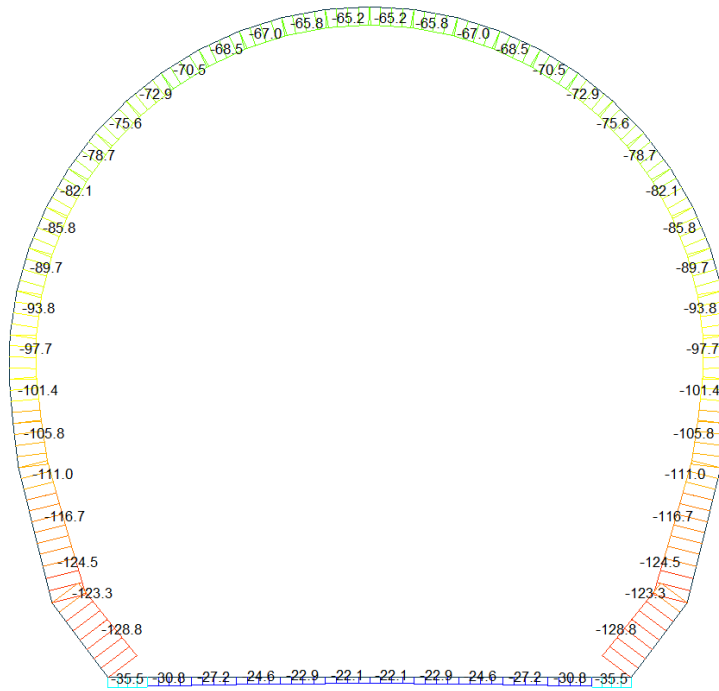
Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Pottier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Pottier}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Pottier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(E2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctd}$
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

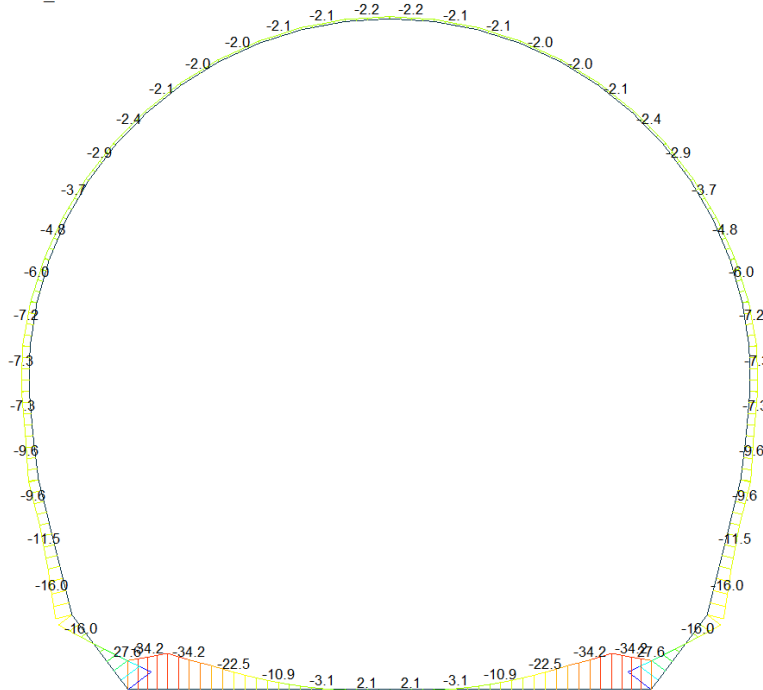
AXIAL

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**

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [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
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\phi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

**VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE**

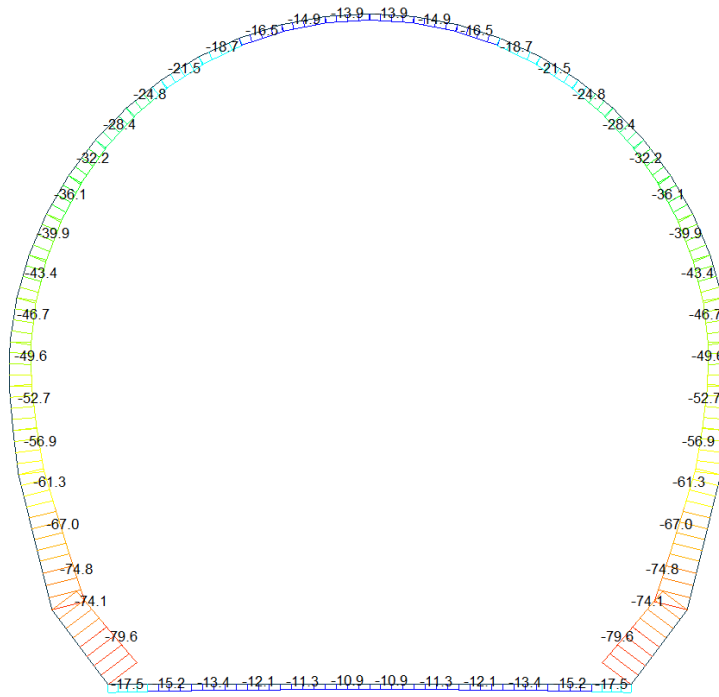
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 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



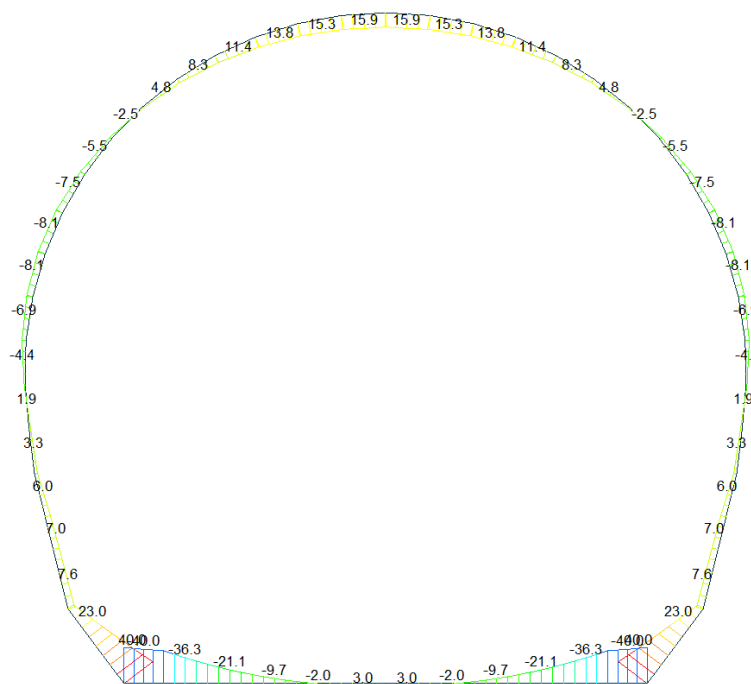
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-10.88
Cyan	-17.13
Green	-23.38
Light Green	-29.63
Yellow-Green	-35.88
Yellow	-42.13
Orange	-48.38
Red-Orange	-54.63
Red	-60.88
Dark Red	-67.13
Dark Red	-73.38
Dark Red	-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

Red	39.95
Red-Orange	32.69
Orange	25.42
Yellow-Orange	18.16
Yellow	10.90
Light Green	3.63
Green	0.00
Light Green	-10.90
Yellow-Green	-18.16
Yellow	-25.42
Orange	-32.69
Red	-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	$\varphi$	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 - 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

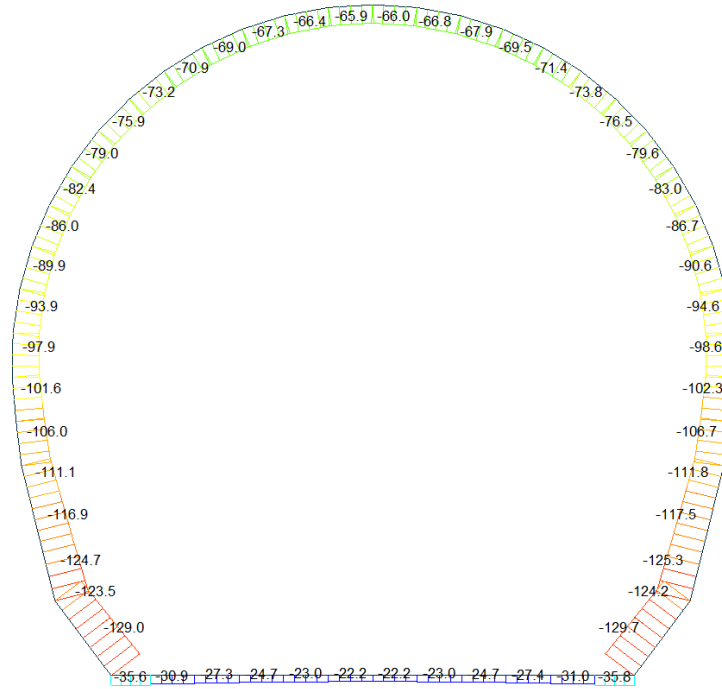
NSLE - 2	19	I[20]	-1.7	-48.2	8.7	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	19	J[19]	2.7	-51.9	9.0	0.30	0.01	-0.35	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	20	I[21]	-6.0	-45.3	8.6	0.30	-0.55	0.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	20	J[20]	-1.7	-49.1	8.6	0.30	-0.28	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	21	I[22]	-8.5	-42.5	5.2	0.30	-0.71	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

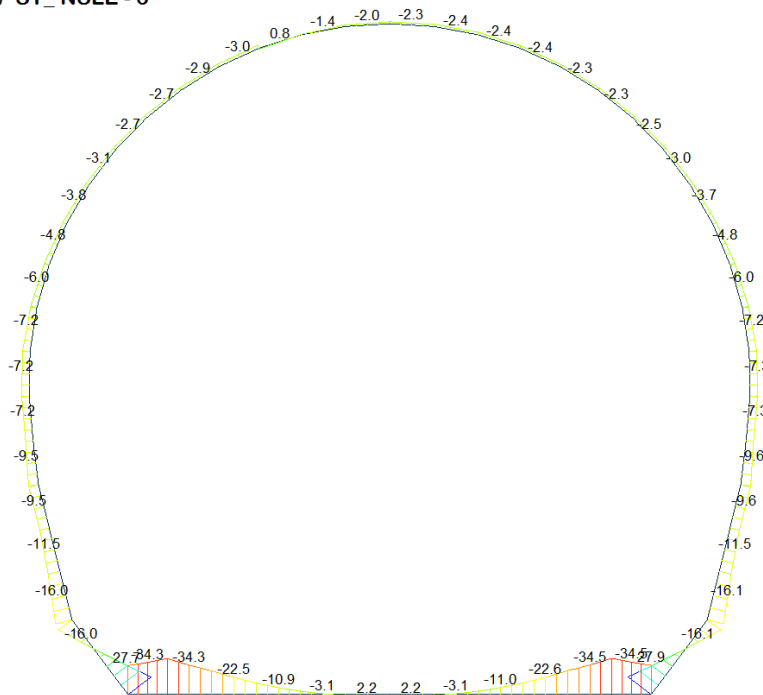
AXIAL

Blue	-22.18
Cyan	-31.96
Green	-41.73
Light Green	-51.50
Yellow-Green	-61.27
Yellow	-71.05
Orange-Yellow	-80.82
Orange	-90.59
Red-Orange	-100.37
Red	-110.14
Dark Red	-119.91
Dark Red	-129.68

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

Blue	27.87
Cyan	22.20
Green	16.53
Light Green	10.86
Yellow-Green	5.18
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-6.16
Orange	-11.83
Red-Orange	-17.50
Red	-23.17
Dark Red	-28.84
Dark Red	-34.52

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	$\psi$	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**

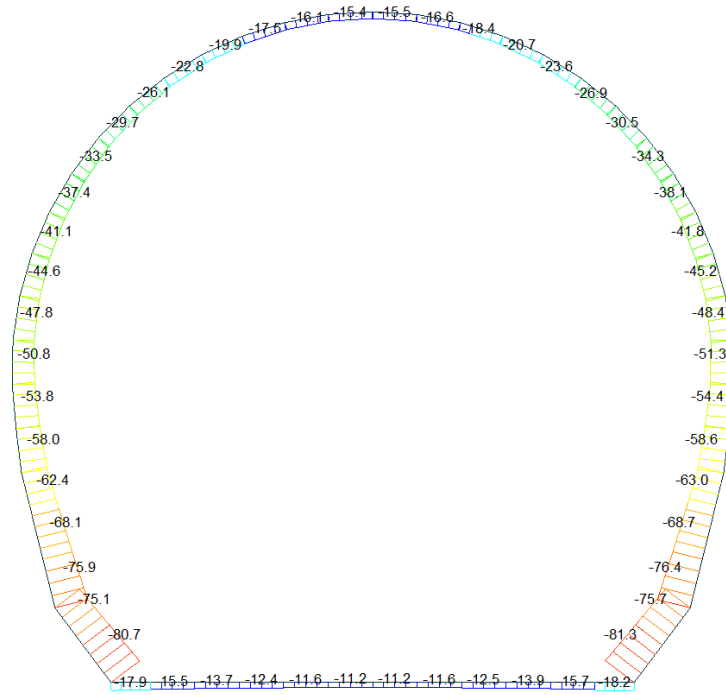
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 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



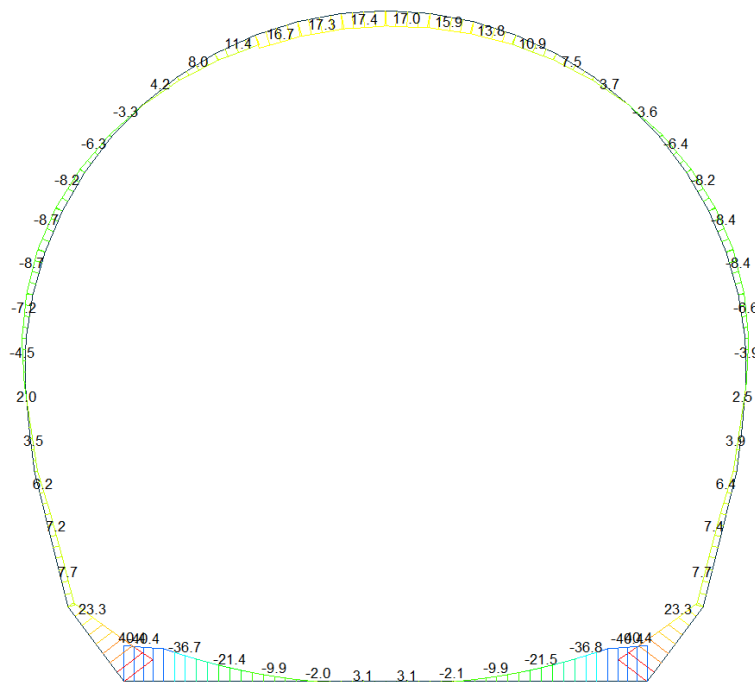
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

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

Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 4



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Red	40.43
Red-Orange	33.08
Orange	25.73
Yellow-Orange	18.38
Yellow	11.03
Light Green	3.68
Green	0.00
Light Green	-11.03
Yellow-Green	-18.38
Yellow	-25.73
Orange	-33.08
Red-Orange	-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	$f_{ctk0,05}$ [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	$E_{\varphi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

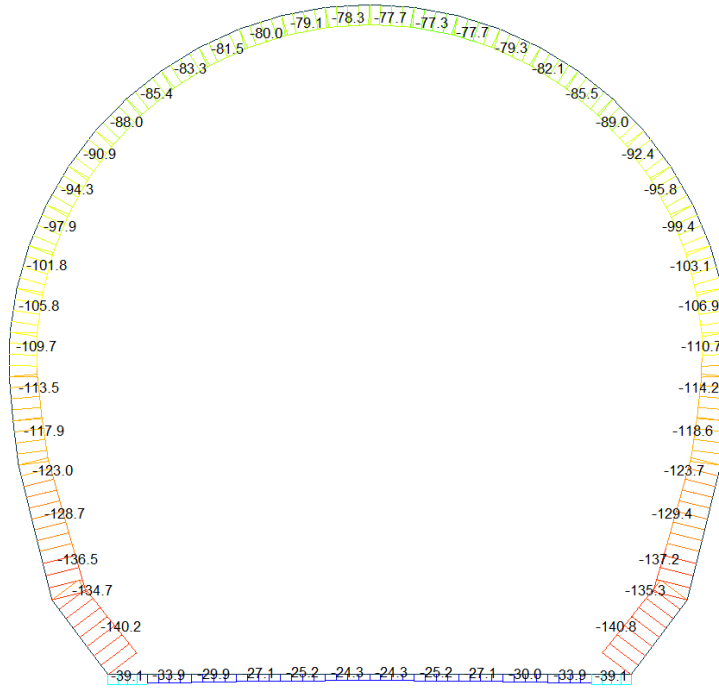
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 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



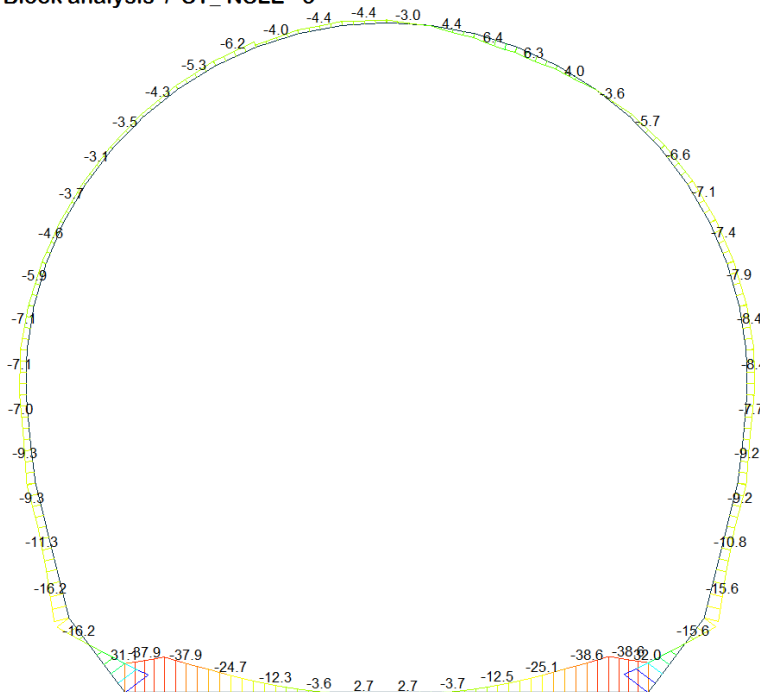
Midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-24.31
Cyan	-34.90
Green	-45.49
Light Green	-56.08
Yellow-Green	-66.67
Yellow	-77.26
Orange	-87.85
Red-Orange	-98.45
Red	-109.04
Dark 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	-6.47
Red-Orange	-12.89
Red	-19.31
Dark 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	$f_{ctw}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_g$ [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

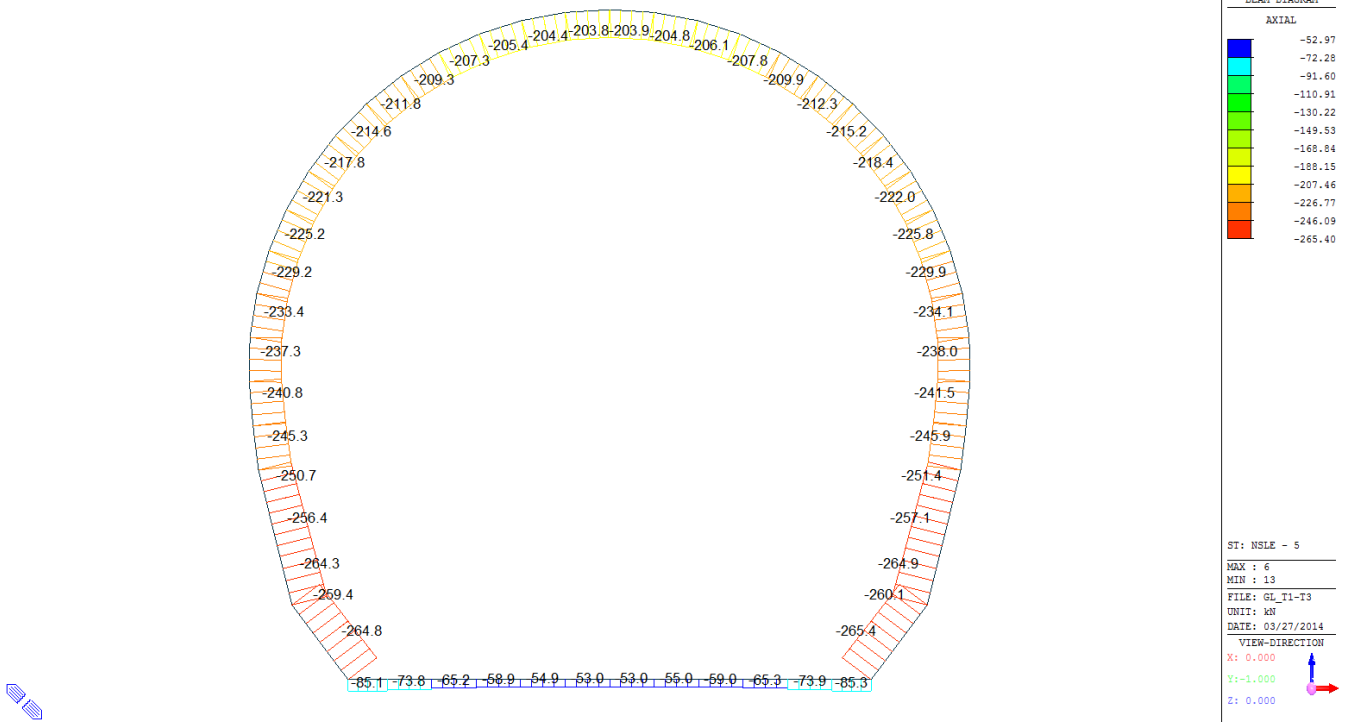


NSLE - 5	19	J[20]	-11.2	-156.4	1.8	0.30	-1.27	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	19	J[19]	-10.3	-160.2	2.1	0.30	-1.22	0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	J[21]	-12.1	-152.9	1.8	0.30	-1.32	0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	20	J[20]	-11.2	-156.6	1.7	0.30	-1.27	0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	21	J[22]	-11.2	-149.2	1.6	0.30	-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

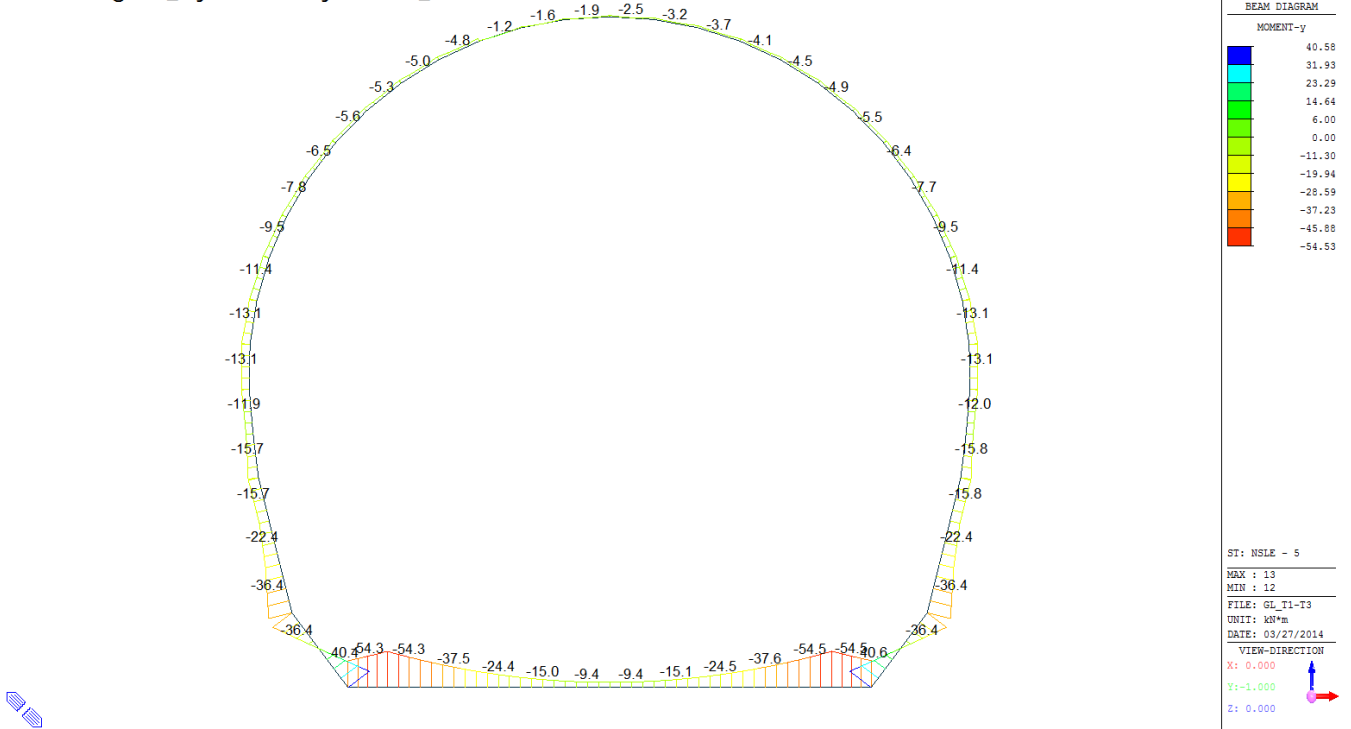
$\sigma_{c, \max}$	-1.32
$\sigma_{t, \max}$	0.70

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>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	E <sub>p</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

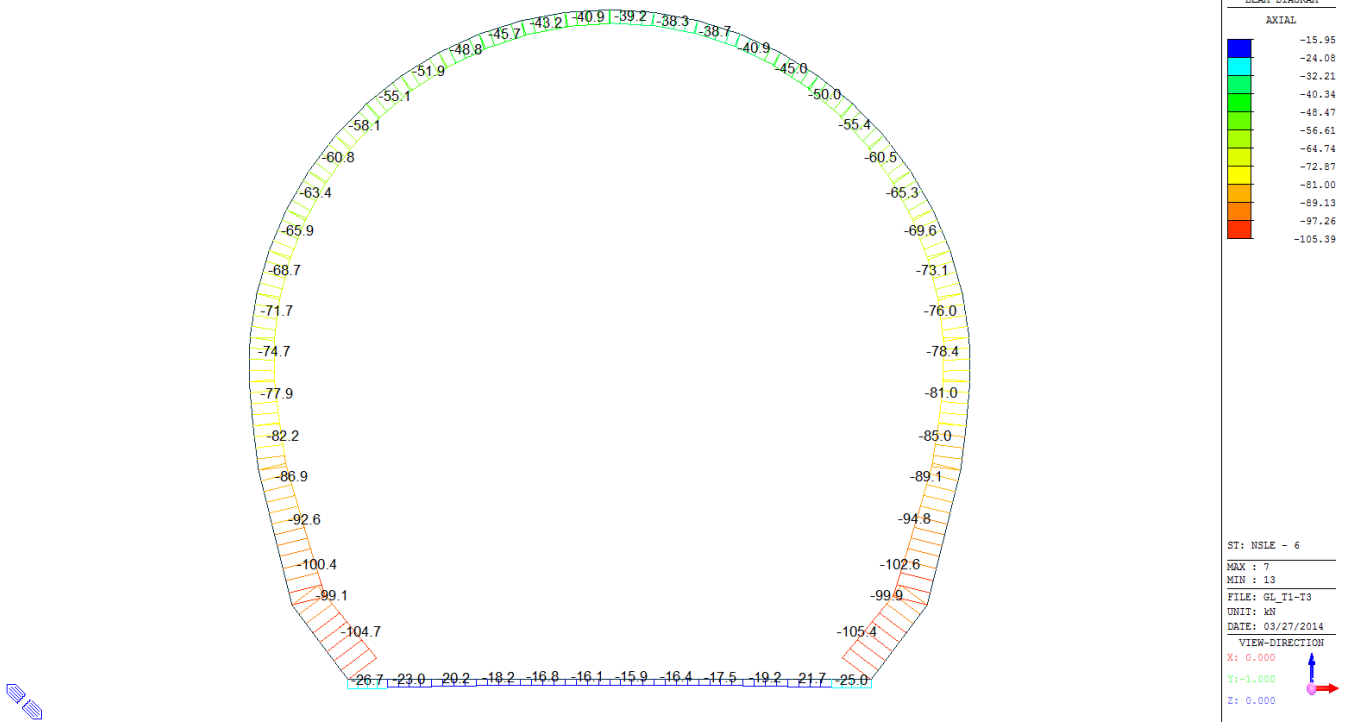
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN·m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	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

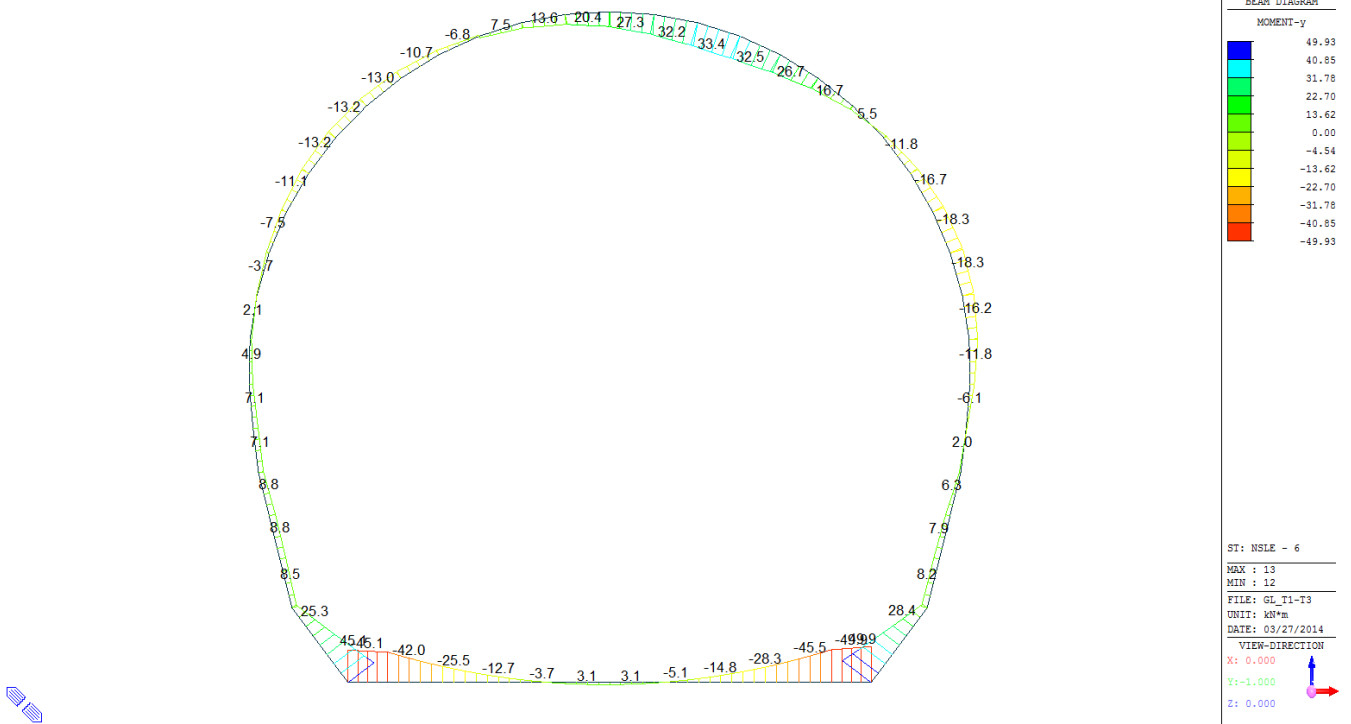
$\sigma_{c, \max}$	-1.66
$\sigma_{t, \max}$	0.79

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

$R_{sk}$ [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
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\varphi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

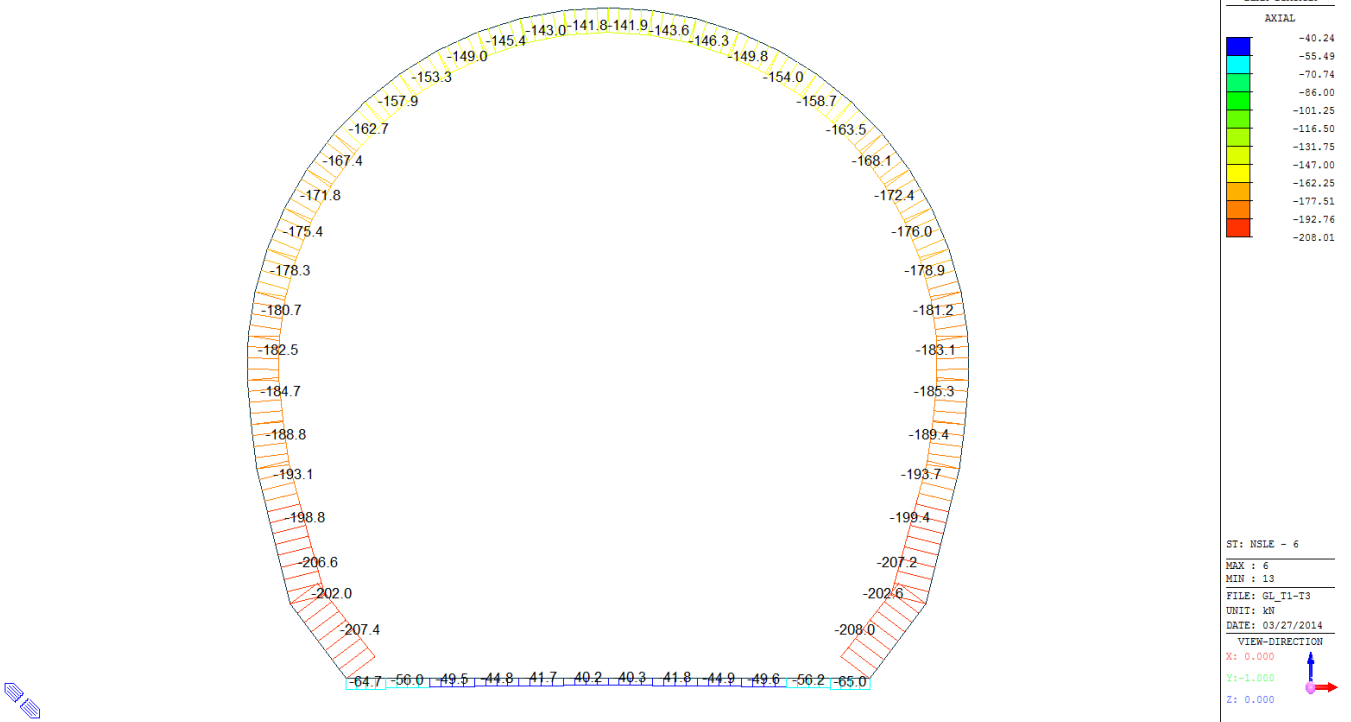
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 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

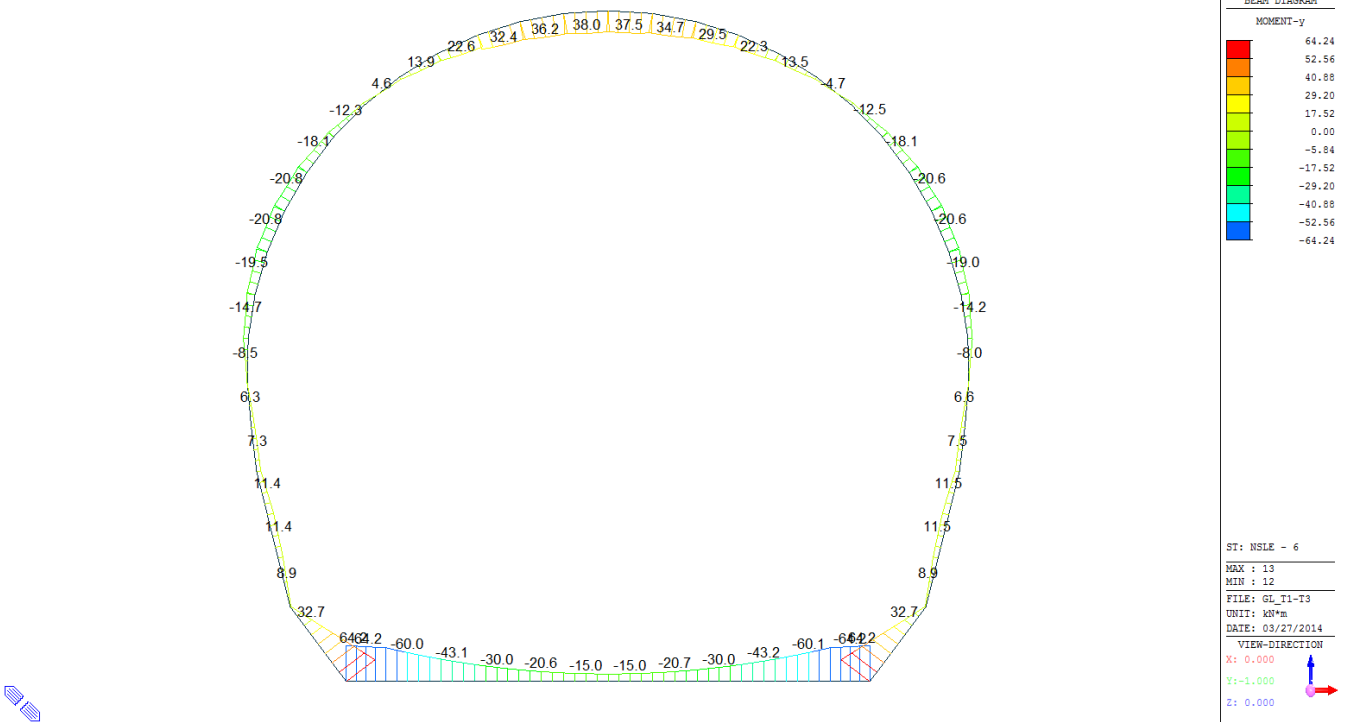
$\sigma_{c, \max}$	-2.30
$\sigma_{t, \max}$	2.04

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

$R_{ck}$ [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	$E_g$ [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 - 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

## **ANHANG 6 - FEM-ANALYSE DES INNENAUSBAUS: VERBINDUNG CT MIT GL**

Der Anhang 6 enthält die Nachweisverfahren nach GZT und GZG der Verbindungszone CT mit GL in der Klasse T3.

## **APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO:INNESTO CT-IN- GL**

L'appendice 6 contiene le verifiche secondo SLU e SLE della zona di innesto tra CT e GL in classe T3.

## 1 EINFÜHRUNG

Die nachfolgenden Kapitel geben die Bemessung des Innenausbaus des Anschlussbereichs der Querschläge CT mit GL wieder, und zwar für die geomechanische Klasse T3.

## 2 BEMESSUNG DES INNENAUSBAUS

Die Bemessung des Innenausbaus im Anschlussbereichs der Querschläge beruht auf die Berücksichtigung der Lasten, die für die Bemessung des Haupttunnels verwendet werden, und zwar auf kurze und lange Dauer, wie es in den spezifischen Berichten zur Berechnung angegeben ist und aufgrund der geomechanischen Charakterisierung.

Mit Bezugnahme auf diese Lasten, erfolgt die Bemessung des Innenausbaus durch 2 Nachweise:

- 1) In einer ersten Phase, die dem Aushub des Querschlags entspricht, ist es notwendig, die Stabilität des Tunnels auf kurze Zeit zu garantieren, auch zusammen mit der Außenschale der Tunnelabschnitte mit vollständigem Querschnitt;
- 2) In einer zweiten Phase, bei der Vervollständigung der Struktur aus Stahlbeton im Anschlussbereich des Querschlags, muss man die Gesamtheit der Lasten auf lange Dauer ausgleichen.

## 3 AUßENSCHALE

Die Bemessung der zusätzlichen Eingriffe für die Außenschale erfolgt durch die Überprüfung, dass der Begrenzungsdruck ' $P_{Rd}$ ' der Außenschale größer ist als der Druck ' $P_{Ed}$ ', der auf der Außenschale lastet.

$$P_{Rd} > P_{Ed}$$

Die Last auf der Außenschale entspricht der Bezugslast des laufenden Schnitts ' $P_{rif}$ ' und ist um einen Koeffizienten R erhöht, der in Funktion zur Geometrie der betroffenen Röhren steht, und um einen Einwirkungskoeffizienten  $\gamma_G=1.3$ .

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G$$

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Betrachtet man die Breite 'b' der Querschläge, was ca. 5.5 m entspricht, und die Länge der verstärkten Zone entlang der laufenden Tunnel ' $L_{zona-rinf}=4.5$  m, so beträgt der Verstärkungskoeffizient der Lasten:

$$R = 1.6$$

Umgekehrt ist der Begrenzungsdruck der Außenschale ' $P_{Rd,lfase}$ ' gleich der Summe des Begrenzungsdrucks der Nägel ' $P_{Rd,chioldi}$ ' und des Spritzbetons ' $P_{Rd,bet}$ '. Die beiden

## 1 INTRODUZIONE

Nei seguenti capitoli si riporta il dimensionamento dei rivestimenti definitivi degli innesti dei cunicoli trasversali CT con la GL. Per una classe geomeccanica T3.

## 2 DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI

Il dimensionamento del rivestimento della galleria all'innesto con i cunicoli trasversali si basa sulle considerazioni dei carichi utilizzati per il dimensionamento della galleria corrente, nel breve e nel lungo termine, secondo quanto riportato nelle relazioni di calcolo specifiche e sulla base della caratterizzazione geomeccanica.

Con riferimento a tali carichi, il dimensionamento dei rivestimenti presenta due momenti di verifica:

- 1) in prima fase, corrispondente allo scavo del cunicolo trasversale, è necessario garantire la stabilità della galleria nel breve termine, anche in collaborazione con il rivestimento di prima fase dei tratti di galleria a sezione integra;
- 2) in seconda fase, corrispondente al completamento della struttura in c.a. nella zona di innesto e del cunicolo trasversale, si deve equilibrare la totalità dei carichi di lungo termine.

## 3 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE

Il dimensionamento degli interventi integrativi di prima fase è condotto verificando che la pressione di confinamento ' $P_{Rd}$ ' fornita dai rivestimenti sia maggiore del carico che insiste sul rivestimento ' $P_{Ed}$ '.

Il carico che insiste sul rivestimento è uguale al carico di riferimento della sezione corrente ' $P_{rif}$ ' amplificato per un coefficiente R funzione della geometria delle canne interessate e per il coefficiente sulle azioni  $\gamma_G=1.3$ .

Considerando la larghezza 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5 m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti ' $L_{zona-rinf}=4.5$  m, il coefficiente di amplificazione dei carichi risulta uguale a:

Viceversa, la pressione di confinamento fornita dal rivestimento di prima fase ' $P_{Rd,lfase}$ ', è uguale alla somma di quella fornita dai chiodi ' $P_{Rd,chioldi}$ ' e da quella fornita dal

Beiträge werden durch folgende Verhältnisse bewertet:

betoncino proiettato 'P<sub>Rd,bet</sub>'. I due contributi sono valutati mediante le seguenti relazioni:

$$P_{Rd, chiodi} = \frac{N_{yk}}{A_{inf} \cdot \gamma_s}$$

$$P_{Rd, bet} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \left( 1 - \frac{(R_i - s_c)^2}{R_i^2} \right)$$

Wobei:

- N<sub>yk</sub> = charakteristischer Ermüdungswiderstand der Nägel;
- A<sub>inf</sub> = Einflussgebiet des einzelnen Nagels;
- f<sub>ck</sub> = charakteristischer Widerstand des Spritzbetons;
- R<sub>i</sub> = äquivalenter Ausbruchradius;
- s<sub>c</sub> = Mächtigkeit Außenschale;
- Y<sub>c</sub> = Teilsicherheitskoeffizient Beton (1.5)
- Y<sub>s</sub> = Teilsicherheitskoeffizient Stahl (1.15)

Dove:

- N<sub>yk</sub> = Resistenza caratteristica a snervamento dei chiodi;
- A<sub>inf</sub> = Area di influenza di ciascun chiodo;
- f<sub>ck</sub> = resistenza caratteristica del cls proiettato;
- R<sub>i</sub> = raggio equivalente di scavo;
- s<sub>c</sub> = spessore del rivestimento;
- Y<sub>c</sub> = Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo (1.5)
- Y<sub>s</sub> = Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio (1.15)

Die Verstärkungen der Eingriffe bei der Außenschale werden in zwei Abschnitten von ca. 4.5 m Länge an den Interferenzen mit dem Querschlag angebracht.

Il rinforzo degli interventi di prima fase viene applicato nei due tratti di circa 4.5 m a cavallo dell'interferenza con il cunicolo trasversale.

Wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht, können die vorgesehenen baulichen Maßnahmen am Haupttunnel an den Anschlussbereichen und für den Aushub der ersten drei Abschlüsse der Querschläge klar höhere Begrenzungsdrücke liefern als die erwarteten Drücke der Klasse III, die immer geringer als 100 kPa sind.

Come si evince dalla seguente tabella, i provvedimenti costruttivi previsti lungo la galleria di linea in corrispondenza degli innesti e per lo scavo dei primi tre sfondi dei cunicoli trasversali sono in grado di fornire pressioni di confinamento decisamente superiori rispetto alle pressioni attese in classe III, sempre inferiori a 100 kPa.

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 100 \cdot 1.6 \cdot 1.3 = 208 kPa$$

	R <sub>eq</sub>	Anker Ancoraggi	N <sub>yk</sub>	y <sub>s</sub>	Abstand Passo		Spritz Beton	f <sub>ck</sub>	y <sub>c</sub>
	[m]	[-]	[kN]	[-]	ln. [m]	tr. [m]	[m]	[MPa]	[-]
GL-T3	4.84	Pm24	200	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5
CT T3	2.90	Pm16	140	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5

Tabelle 15: Begrenzungsdrücke, die von den zusätzlichen Eingriffen an den Anschlussbereichen geliefert werden

P <sub>anker,Rd</sub>	P <sub>bet,Rd</sub>	P <sub>Rd</sub>
[kPa]	[kPa]	[kPa]
129	409	538
90	1331	1421

Tabella 15: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti

## 4 INNENAUSBAU

Die Gesamtheit der Lasten wird dem Innenausbau des Tunnels übertragen, der vollständig mit dem Innenausbau des Querschlags betoniert ist. Das Schema für die Haupttunnel sieht einen Stützträger, der an beiden Enden eingespannt wird, am Schnitt des Haupttunnels, der vom Querschlag geschnitten wird vor, der von zwei Widerlagern gestützt wird, die seitlich am Querschlag angebracht werden und aus Teilen des intakten Haupttunnels bestehen. Dieses Modell bedingt eine Biegebeanspruchung im Stützträger aufgrund des Eigengewichts des Ausbruchkegels, der sich unmittelbar oberhalb des Stützträgers selbst befindet und aus der Lockerungslast des Gebirges. Die Erkennung des Ausbruchkegels erfolgt unter Berücksichtigung des hypothetischen Verlaufs der abgeleiteten Spannungen aufgrund des Vorhandenseins des Stützträgers, der eine Neigung von 45° zur Senkrechten aufweist. Die Last wird als gleichmäßig auf den Stützträger verteilt angenommen. Man vermutet eine wirkende Höhe des Stützträgers von 1.20 m.

Die Bemessung des Innenausbaus erfolgt in drei Phasen:

- 1) Bemessung des Stützträgers;
- 2) Nachweis des Innenausbaus des vollständigen Tunnelschnitts angrenzend am Querschlag;
- 3) Nachweis des Innenausbaus des Querschlags.

Für die Hypothesen und Berechnungsmodelle des Querschlags verweist man auf den Bericht 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915-10.

### 4.1 BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS

Der Ausbruchkegel weist eine Fläche von 9.5 m<sup>2</sup> auf, multipliziert mit der Mächtigkeit des Gewölbes und der Wichte des Stahlbetons erhält man eine charakteristische und gleichmäßig verteilte Last von 339 kN/m, die von der Kombination GZT 5 stammt. Für den Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit wurde eine Last von 234 kN/m angenommen, die von der Kombination SLE 5 stammt.

Unter Berücksichtigung einer Spannweite des Stützträgers von L = 4.5 m erhält man Beanspruchungen am Lager und in der Mitte gleich:

$$\begin{cases} M_{inc} = \frac{N \cdot L^2}{12} \\ V_{inc} = \frac{N \cdot L}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} M_{mezz} = \frac{N \cdot L^2}{24} \\ V_{mezz} = 0 \end{cases}$$

Nachfolgend führt man die Biegebeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZT an:

## 4 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

La totalità del carico viene trasferito al rivestimento della galleria completo del getto del rivestimento del cunicolo trasversale. La schematizzazione utilizzata per le gallerie di linea prevede un architrave incastrata alle estremità, in corrispondenza della sezione di galleria principale tagliata dal cunicolo trasversale, e sostenuta dai due ritti, posti lateralmente al cunicolo trasversale e costituiti dalle parti di galleria principale integra. Tale modello comporta uno stato di sollecitazione flessionale nell'architrave conseguente al carico costituito dal peso proprio della campana di distacco localizzata immediatamente sopra l'architrave stessa e l'allentamento dell'ammasso roccioso. L'individuazione della campana di distacco avviene considerando un andamento ipotetico delle tensioni deviate a causa della presenza dell'architrave avente un'inclinazione di 45° rispetto alla perpendicolare. Il carico viene considerato agente come uniformemente ripartito sull'architrave. Si ipotizza un'altezza collaborante dell'architrave pari a 1.20 m.

Il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si compone di tre fasi:

- 1) Dimensionamento dell'architrave;
- 2) Verifica dei rivestimenti della galleria a sezione integra adiacente al cunicolo trasversale;
- 3) Verifica dei rivestimenti del cunicolo trasversale.

Per le ipotesi e i modelli di calcolo del cunicolo trasversale si rimanda al rapporto 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915-10.

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE

La campana di distacco presenta una superficie di 9.5 m<sup>2</sup>, che moltiplicata per lo spessore della volta e il peso specifico del calcestruzzo armato restituisce un carico caratteristico uniformemente ripartito di 339 kN/m derivante dalla combinazione SLU 5. Mentre per la verifica allo stato limite di esercizio il carico considerato è pari a 234 kN/m derivante dalla combinazione SLE 5.

Considerando la luce dell'architrave, pari a L = 4.5 m, le sollecitazioni all'incastro e in mezzera risultano pari a:

Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$M_{inc} = 572 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 286 \text{ kNm}$$

Nachfolgend führt man die Biegebeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZG an: Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLE:

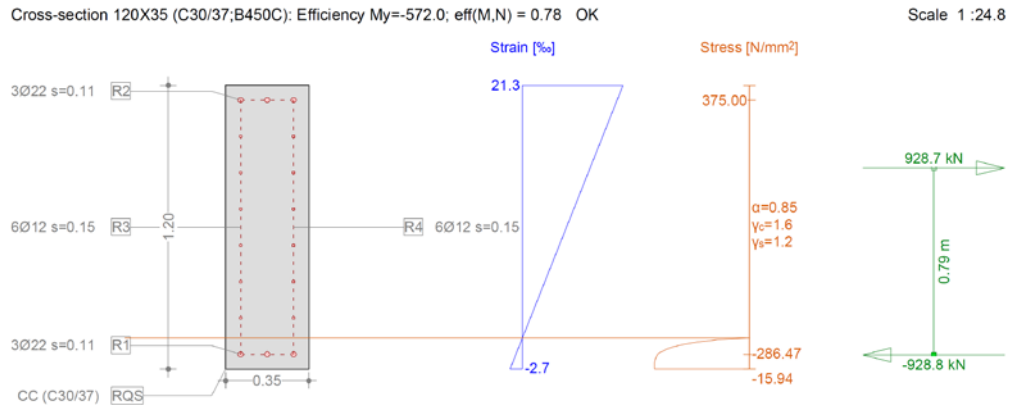
$$M_{inc} = 395 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 197 \text{ kNm}$$

Nachfolgend führt man die Scherbeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZT an: Di seguito si riportano le sollecitazioni di taglio agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$V_{inc} = 763 \text{ kN}$$

Berücksichtigt man die folgende Dimensionierung und Bewehrung des Stützträgers, so sind diese Beanspruchungen nachgewiesen: Tali sollecitazioni sono verificate considerando le seguenti dimensioni e armature dell'architrave:



**Ultimate strength analysis Cross section (Girder): 120X35**

Action forces / Efficiency factors:  $eff(M,N) = 0.78$  OK

No.	AP	P	Bending and axial force				eff(M,N)	Shear forces and torsion			Complete CS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]			V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	
1	!ULS		0	-572.0	-	0.78					
2	!ULS		0	286.0	-	0.39					

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

**Analysis-Parameters "IULS"**

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0

α : Inclination of diagonal in compression  
φ : Creep coefficient

**Extreme stresses and strain (Results of run No 2)**

Name	Class	y <sub>a</sub> [m]	z <sub>a</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.18	1.20	-2.7	-15.94	1.88
RQS	C30/37	-0.18	0	21.3	0	1.88
R2	B450C	-0.11	1.14	-1.4	-286.47	1.20
R1	B450C	-0.11	0.06	20.0	375.00	1.20

Tabelle 16: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Biegung

Tabella 16: Verifiche SLU architrave - Flessione

Nachfolgend werden die Nachweise zur Querkraft der Stützträger angegeben: Di seguito si riportano le verifiche a taglio dell'architrave:

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1**

Verifica sezione senza armatura a taglio

$f_{ck}$	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
$k$	=	1.419		Coefficiente
$h$	=	1'200	mm	Altezza geometrica della sezione
$d$	=	1'137	mm	Altezza statica della sezione
$A_s$	=	4'826	mm <sup>2</sup>	Area di armatura longitudinale
$\rho_1$	=	0.01213		Percentuale di armatura
$N_{Ed}$	=	1'000	kN	Azione assiale di progetto
$A_c$	=	397'950	mm <sup>2</sup>	Area della sezione di calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
$\sigma_{cp}$	=	2.51	MPa	Sforzo di compressione agente
$b_w$	=	350	mm	Larghezza sezione collaborante
$V_{Rd1}$	=	<b>360.57</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	<b>279.01</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd}$	=	<b>360.57</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 763.00$ <b>kN</b> $V_{Rd} > V_{Ed}$ <b>NO!</b>

Verifica sezione con armatura a taglio

Verifica a taglio-trazione

$V_{Rsd}$	=	<b>787.60</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 763.00$ <b>kN</b> $V_{Rsd} > V_{Ed}$ <b>OK</b>
$f_{yd}$	=	375.00	MPa	
$d$	=	1'137	mm	
$\alpha$	=	90	°	Inclinazione staffe rispetto all'asse dell'elemento
$s$	=	150	mm	
$A_{sW}$	=	308	mm <sup>2</sup>	
$\phi$	=	12	mm	Diametro staffe
n° bracci	=	2		

Verifica a taglio-compressione

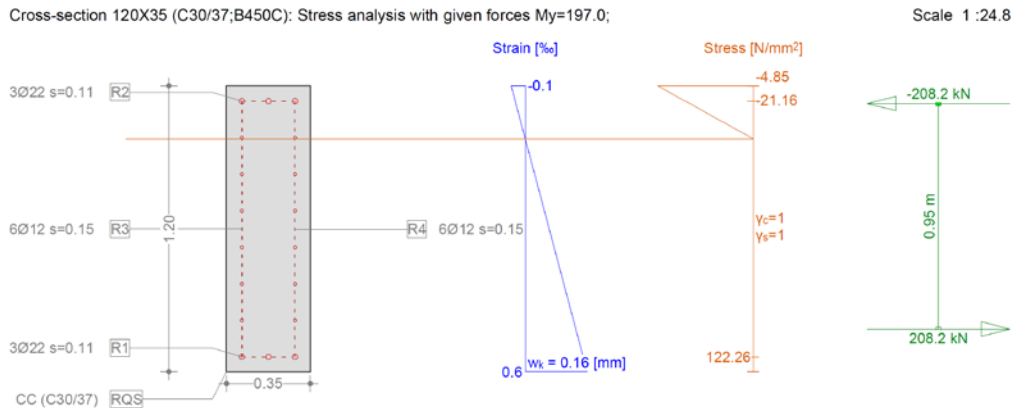
$V_{Rcd}$	=	<b>1'522.16</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 763.00$ <b>kN</b> $V_{Rcd} > V_{Ed}$ <b>OK</b>
$b_w$	=	350	mm	
$d$	=	1'137	mm	
$\sigma_{cp}$	=	2.51	MPa	
$f_{cd}$	=	20.00	MPa	
$f'_{cd}$	=	10.00	MPa	
$\alpha_c$	=	0.85		
$\alpha$	=	90	°	Inclinazione staffe rispetto all'asse dell'elemento
$\theta$	=	45	°	Inclinazione bielle calcestruzzo rispetto all'asse della sezione

Tabelle 17: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Querkraft

Tabella 17: Verifiche SLU architrave - Taglio



Nachfolgend werden die Ergebnisse der Nachweise des GZG Di seguito si riportano gli esiti delle verifiche secondo SLE des Stützträgers mit Überprüfung der Rissbildung am dell'architrave con relativa verifica a fessurazione per il Biegemoment, das auf der Spannweite wirkt, angegeben: momento flettente agente in campata:



**Stress analysis Cross section (Girder): 120X35**

**Action forces**

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	197.0	-				-

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

**Analysis-Parameters "SLS"**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagram		Strain Limits				$\sigma_s$ [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]	$\gamma_c$ [-]		$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]	
!SLS	1/0	1				200.00	1.00	1.00	45.00	0	

$\alpha$  : Inclination of diagonal in compression  
 $\phi$  : Creep coefficient

**Extreme stresses and strain**

Name	Class	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm²]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	0.18	1.20	-0.1	-4.85	1.00
RQS	C30/37	-0.18	0	0.6	0	1.00
R2	B450C	-0.11	1.14	-0.1	-21.16	1.00
R1	B450C	-0.11	0.06	0.6	122.26	1.00

**Stresses and strain during the last iterations step**

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km⁻¹]	$\chi_z$ [km⁻¹]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm²]	$M_z/\chi_z$ [kNm²]
-0.0	197.0	0.0	0.2	0.7	0	113.74	3.024E+5	* 34156.83

\* : Tangent stiffness

**Crackverification**

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	EN 1992-1-1 7.3		
<b>Cross section</b>			
h	1200.0 mm	Compression zone (cracked)	x <sub>c</sub> 221.5 mm
d	1019.1 mm	h-d	180.9 mm
Cover c	53.3 mm	$h_{c,eff}$	326.2 mm
$A_{c,eff}$ Tension surface	114160 mm²	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
$E_c$	33600.0 N/mm²	Duration of load $k_t$	0.40
$\alpha_s$ ( $E_s/E_c$ )	6.10	Bond properties $k_1$	0.800
Creep coefficient $\phi$	0	Distribution of strain $k_2$	0.500
$f_{ctm}$	2.9 N/mm²	$k_3$	3.400
$f_{ct,eff}$	2.9 N/mm²	$k_4$	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
$E_s$	205000.0 N/mm²	Moment	197.0 kNm
$A_s$ (in tension surface)	1367 mm²	Stress in reinforcement $\sigma_s$	122.2 N/mm²
Diameter $\phi_{s,q1}$	19.3 mm	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{sm}$ (7.9)	0.36 o/o
$\rho_{eff}$	1.197 o/o	Crack spacing $s_{r,max}$ (7.11)	0.46 m
		Crack width $w_k$ (7.8)	0.16 mm

Tabelle 18: Nachweise GZG Stützträger

Tabella 18: Verifiche SLE architrave

## 4.2 NACHWEIS DES AUSBAUS

Die lateralen Widerlager werden durch Druck-Biegespannung beansprucht, die durch die normale Reaktion der Auflage des Stützträgers hergerufen ist, sowie durch den Spannungszustand (N,M), der im intakten Ausbau vorhanden ist. Im Besonderen werden die Einwirkungen auf die lateralen Widerlager durch die Erhöhung der vorhandenen Einwirkungen am laufenden Schnitt mittels dem Koeffizienten berechnet:

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{\text{zona-rinf}}}$$

Betrachtet man die Breite 'b' der Querschläge, was ca. 5.5 m entspricht, und die Länge der verstärkten Zone entlang der laufenden Tunnel 'L<sub>zona-rinf</sub>'=4.5 m, so beträgt der Verstärkungskoeffizient der Lasten auf den Widerlagern:

$$R = 1.6$$

Der so berechnete Koeffizient R wurde auch verwendet, um den Innenausbau des Querschlagschnitts am Anschlussbereich CT-IN zu berechnen (aus Sicherheit für die ersten drei Abschlüge).

### 4.2.1 Nachweis Ausbau GL

#### 4.2.1.1 Nachweise GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZT -Nachweise an den Widerlagern der vollständigen GL, angrenzend an den Anschlussbereich angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

## 4.2 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI

I ritti laterali sono sollecitati da uno stato di pressoflessione, dovuto alla reazione normale d'appoggio dell'architrave oltre allo stato di sforzo (N,M) presente nel rivestimento integro.

In particolare, le azioni nei ritti laterali sono calcolate amplificando quelle presenti nella sezione corrente per il coefficiente:

Considerando la larghezza di scavo 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti 'L<sub>zona-rinf</sub>'=4.5m, il coefficiente di amplificazione dei carichi sui ritti risulta uguale a:

Il coefficiente R così calcolato è stato utilizzato per calcolare anche i rivestimenti definitivi della sezione del cunicolo trasversale in corrispondenza dell'innesto CT-IN (cautelativamente primi 3 sfondi).

### 4.2.1 Verifica rivestimenti GL

#### 4.2.1.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sui ritti della GL integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
7	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	316.335	19.698	0.000	291.292	-	14.285
2	1.00	0.74								<b>0.029</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.049	-	<b>0.049</b>
8	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	318.512	29.483	0.000	291.504	-	33.108
2	1.00	0.74								<b>0.033</b>	<b>0.033</b>	0.000	0.114	-	<b>0.114</b>
9	100 x 74		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P16	12'804	323.915	45.865	0.000	292.022	-	51.357
2	1.00	0.74								<b>0.039</b>	<b>0.039</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
10	100 x 74		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'804	289.863	72.041	0.000	292.933	-	61.847
2	1.00	0.74								<b>0.050</b>	<b>0.051</b>	0.000	0.211	-	<b>0.211</b>
11	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N4	14-2-P16	12'804	85.272	61.814	0.000	264.318	-	56.191
2	1.00	0.74								<b>0.096</b>	<b>0.097</b>	0.000	0.213	-	<b>0.213</b>
12	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N4	14-2-P16	12'804	87.539	76.191	0.000	264.635	-	44.129
2	1.00	0.74								<b>0.137</b>	<b>0.135</b>	0.000	0.167	-	<b>0.167</b>
13	100 x 74		30.00	450.00	OK	N4	N6	14-2-P16	12'804	82.670	91.339	0.000	299.939	-	53.986
2	1.00	0.74								<b>0.187</b>	<b>0.183</b>	0.000	0.180	-	<b>0.180</b>
14	100 X 70		30.00	450.00	OK	N4	N5	14-2-P14	11'930	121.258	91.339	0.000	312.596	-	123.952
7	1.00	0.70								<b>0.209</b>	<b>0.209</b>	0.000	0.397	-	<b>0.397</b>
15	100 X 65		30.00	450.00	OK	N4	N6	14-2-P14	11'134	118.109	60.939	0.000	285.324	-	76.493
6	1.00	0.65								<b>0.114</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.268	-	<b>0.268</b>
16	100 X 65		30.00	450.00	OK	N5	N2	14-2-P14	11'134	519.954	35.316	0.000	243.719	-	26.605
6	1.00	0.65								<b>0.059</b>	<b>0.058</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
17	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N2	14-2-P14	10'337	506.061	31.396	0.000	228.115	-	20.197
5	1.00	0.60								<b>0.061</b>	<b>0.061</b>	0.000	0.089	-	<b>0.089</b>
18	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8'743	495.367	26.135	0.000	252.490	-	30.798
4	1.00	0.50								<b>0.071</b>	<b>0.072</b>	0.000	0.122	-	<b>0.122</b>
19	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'149	481.136	20.973	0.000	206.930	-	46.645
3	1.00	0.40								<b>0.085</b>	<b>0.087</b>	0.000	0.225	-	<b>0.225</b>
20	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	16-2-P12	6'227	475.967	23.031	0.000	190.261	-	44.851
1	1.00	0.35								<b>0.104</b>	<b>0.105</b>	0.000	0.236	-	<b>0.236</b>
21	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	16-2-P12	6'227	470.472	25.624	0.000	189.909	-	46.936
1	1.00	0.35								<b>0.107</b>	<b>0.109</b>	0.000	0.247	-	<b>0.247</b>
22	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	379.581	39.019	0.000	189.603	-	38.674
1	1.00	0.35								<b>0.123</b>	<b>0.126</b>	0.000	0.204	-	<b>0.204</b>
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	375.941	43.631	0.000	189.135	-	24.358
1	1.00	0.35								<b>0.135</b>	<b>0.137</b>	0.000	0.129	-	<b>0.129</b>
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	16-2-P12	6'227	376.099	43.631	0.000	189.155	-	21.781
1	1.00	0.35								<b>0.135</b>	<b>0.137</b>	0.000	0.115	-	<b>0.115</b>

4.2.1.2 Nachweise GZG

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZG -Nachweise an den Widerlagern der vollständigen GL angrenzend an den Anschlussbereich angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

4.2.1.2 Verifiche SLE

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sui ritti della GL integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R=1.6

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_c, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_s, MAX$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
7	100 x 74		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-0.46	-18.00	OK	-0.32	360.00	OK
2	1.00	0.74										
8	100 x 74		SLE - N5	0.00	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	-0.08	360.00	OK
2	1.00	0.74										
9	100 x 74		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-0.67	-18.00	OK	0.44	360.00	OK
2	1.00	0.74										
10	100 x 74		SLE - N6	0.31	2.90	OK	-0.88	-18.00	OK	1.31	360.00	OK
2	1.00	0.74										
11	100 x 74		SLE - N4	0.48	2.90	OK	-1.08	-18.00	OK	2.22	360.00	OK
2	1.00	0.74										
12	100 x 74		SLE - N4	0.54	2.90	OK	-1.13	-18.00	OK	2.72	360.00	OK
2	1.00	0.74										
13	100 x 74		SLE - N4	0.69	2.90	OK	-1.36	-18.00	OK	3.37	360.00	OK
2	1.00	0.74										
14	100 x 70		SLE - N4	0.71	2.90	OK	-1.59	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
7	1.00	0.70										
15	100 x 65		SLE - N4	0.51	2.90	OK	-1.23	-18.00	OK	2.40	360.00	OK
6	1.00	0.65										
16	100 x 65		SLE - N5	0.29	2.90	OK	-0.93	-18.00	OK	1.33	360.00	OK
6	1.00	0.65										
17	100 x 60		SLE - N5	0.17	2.90	OK	-0.97	-18.00	OK	0.68	360.00	OK
5	1.00	0.60										
18	100 x 50		SLE - N5	0.10	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	0.29	360.00	OK
4	1.00	0.50										
19	100 x 40		SLE - N5	0.19	2.90	OK	-1.39	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
3	1.00	0.40										
20	100 x 35		SLE - N5	0.45	2.90	OK	-1.74	-18.00	OK	1.55	360.00	OK
1	1.00	0.35										
21	100 x 35		SLE - N5	0.63	2.90	OK	-1.97	-18.00	OK	2.27	360.00	OK
1	1.00	0.35										
22	100 x 35		SLE - N6	0.80	2.90	OK	-2.41	-18.00	OK	2.40	360.00	OK
1	1.00	0.35										
23	100 x 35		SLE - N6	0.94	2.90	OK	-2.53	-18.00	OK	2.41	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N6	0.94	2.90	OK	-2.53	-18.00	OK	2.28	360.00	OK
1	1.00	0.35										

#### 4.2.2 Nachweis CT-IN

##### 4.2.2.1 Nachweise GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZT -Nachweise am vollständigen CT-IN Schnitt angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil GL-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

#### 4.2.2 Verifica rivestimenti CT-IN

##### 4.2.2.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sulla sezione CT-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GL-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 36		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'512	67.065	21.345	0.000	171.037	-	24.837
3	1.00	0.36								<b>0.101</b>	<b>0.101</b>	0.000	0.145	-	<b>0.145</b>
2	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'964	<b>214.017</b>	<b>35.420</b>	0.000	285.048	-	<b>24.297</b>
8	1.00	0.75								<b>0.027</b>	<b>0.028</b>	0.000	0.085	-	<b>0.085</b>
3	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'964	212.298	37.960	0.000	284.808	-	21.213
8	1.00	0.75								<b>0.028</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.074	-	<b>0.074</b>
4	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	211.443	39.367	0.000	311.810	-	14.172
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.045	-	<b>0.045</b>
5	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	211.292	39.536	0.000	305.929	-	15.104
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.049	-	<b>0.049</b>
6	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N4	14-2-P16	15'354	208.275	39.536	0.000	306.170	-	19.099
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.062	-	<b>0.062</b>
7	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N4	14-2-P16	15'354	214.530	37.882	0.000	306.567	-	23.283
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.076	-	<b>0.076</b>
8	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	216.543	38.650	0.000	307.378	-	17.264
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
9	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	216.426	41.681	0.000	327.766	-	17.738
9	1.00	0.90								<b>0.023</b>	<b>0.023</b>	0.000	0.054	-	<b>0.054</b>
10	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	216.408	43.975	0.000	327.759	-	14.986
9	1.00	0.90								<b>0.024</b>	<b>0.024</b>	0.000	0.046	-	<b>0.046</b>
11	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	15'354	215.588	45.921	0.000	327.639	-	14.417
9	1.00	0.90								<b>0.024</b>	<b>0.025</b>	0.000	0.044	-	<b>0.044</b>
12	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P16	15'354	215.508	45.921	0.000	327.627	-	14.766
9	1.00	0.90								<b>0.024</b>	<b>0.025</b>	0.000	0.045	-	<b>0.045</b>
13	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	216.162	43.888	0.000	327.723	-	15.316
9	1.00	0.90								<b>0.024</b>	<b>0.024</b>	0.000	0.047	-	<b>0.047</b>
14	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	217.677	41.500	0.000	325.733	-	17.985
9	1.00	0.90								<b>0.023</b>	<b>0.023</b>	0.000	0.055	-	<b>0.055</b>
15	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	217.666	38.374	0.000	307.483	-	17.147
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.056	-	<b>0.056</b>
16	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N4	14-2-P16	15'354	210.045	38.853	0.000	306.658	-	23.277
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.076	-	<b>0.076</b>
17	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N4	14-2-P16	15'354	212.344	38.853	0.000	306.246	-	19.173
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.063	-	<b>0.063</b>
18	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	211.921	39.228	0.000	305.981	-	15.246
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.050	-	<b>0.050</b>
19	100 x 90		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	15'354	211.899	39.082	0.000	311.849	-	14.003
9	1.00	0.90								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.045	-	<b>0.045</b>
20	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'964	212.577	37.702	0.000	284.847	-	20.965
8	1.00	0.75								<b>0.028</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.074	-	<b>0.074</b>
21	100 x 70		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P16	12'964	214.113	35.194	0.000	285.062	-	24.047
8	1.00	0.75								<b>0.027</b>	<b>0.028</b>	0.000	0.084	-	<b>0.084</b>
22	100 x 36		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6'512	67.102	21.260	0.000	171.047	-	24.590
3	1.00	0.36								<b>0.101</b>	<b>0.101</b>	0.000	0.144	-	<b>0.144</b>
23	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	7'946	208.444	27.763	0.000	198.548	-	23.129
4	1.00	0.45								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.116	-	<b>0.116</b>
24	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10'337	208.184	23.765	0.000	242.303	-	23.696
7	1.00	0.60								<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	0.000	0.098	-	<b>0.098</b>
25	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10'337	207.378	20.541	0.000	242.248	-	27.138
7	1.00	0.60								<b>0.029</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.112	-	<b>0.112</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
26	100 x 55		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	9'540	206.838	17.607	0.000	227.845	-	32.196
6	1.00	0.55								<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	0.000	0.141	-	<b>0.141</b>
27	100 x 55		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	9'540	207.133	13.605	0.000	227.888	-	30.392
6	1.00	0.55								<b>0.028</b>	<b>0.028</b>	0.000	0.133	-	<b>0.133</b>
28	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	207.108	10.036	0.000	213.042	-	29.344
5	1.00	0.50								<b>0.029</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.138	-	<b>0.138</b>
29	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	209.689	9.410	0.000	212.781	-	26.801
5	1.00	0.50								<b>0.029</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.126	-	<b>0.126</b>
30	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'946	206.685	11.335	0.000	197.606	-	23.559
4	1.00	0.45								<b>0.034</b>	<b>0.034</b>	0.000	0.119	-	<b>0.119</b>
31	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	7'946	203.459	12.764	0.000	197.295	-	18.934
4	1.00	0.45								<b>0.035</b>	<b>0.035</b>	0.000	0.096	-	<b>0.096</b>
32	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'149	200.484	13.777	0.000	181.652	-	12.616
2	1.00	0.40								<b>0.041</b>	<b>0.042</b>	0.000	0.069	-	<b>0.069</b>
33	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	197.392	14.458	0.000	175.099	-	9.362
2	1.00	0.40								<b>0.042</b>	<b>0.042</b>	0.000	0.053	-	<b>0.053</b>
34	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	194.652	14.889	0.000	165.406	-	9.911
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.053</b>	0.000	0.060	-	<b>0.060</b>
35	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	191.878	15.134	0.000	164.954	-	15.027
1	1.00	0.35								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.091	-	<b>0.091</b>
36	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	191.927	15.134	0.000	164.462	-	19.051
1	1.00	0.35								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.116	-	<b>0.116</b>
37	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	189.142	15.262	0.000	163.946	-	21.967
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.134	-	<b>0.134</b>
38	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	183.895	16.006	0.000	163.457	-	21.577
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.055</b>	0.000	0.132	-	<b>0.132</b>
39	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	181.628	17.100	0.000	162.977	-	21.007
1	1.00	0.35								<b>0.058</b>	<b>0.057</b>	0.000	0.129	-	<b>0.129</b>
40	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	19.924	11.555	0.000	162.438	-	24.695
1	1.00	0.35								<b>0.097</b>	<b>0.098</b>	0.000	0.152	-	<b>0.152</b>
41	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	16.302	15.021	0.000	161.885	-	27.132
1	1.00	0.35								<b>0.141</b>	<b>0.141</b>	0.000	0.168	-	<b>0.168</b>
42	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	12.930	18.368	0.000	161.338	-	28.337
1	1.00	0.35								<b>0.182</b>	<b>0.183</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
43	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	9.893	21.456	0.000	160.819	-	28.350
1	1.00	0.35								<b>0.226</b>	<b>0.222</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
44	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	7.268	24.161	0.000	160.344	-	27.227
1	1.00	0.35								<b>0.255</b>	<b>0.255</b>	0.000	0.170	-	<b>0.170</b>
45	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	5.120	26.377	0.000	159.933	-	25.043
1	1.00	0.35								<b>0.285</b>	<b>0.283</b>	0.000	0.157	-	<b>0.157</b>
46	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	3.502	28.021	0.000	159.600	-	21.888
1	1.00	0.35								<b>0.303</b>	<b>0.303</b>	0.000	0.137	-	<b>0.137</b>
47	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	2.454	29.032	0.000	159.360	-	17.867
1	1.00	0.35								<b>0.322</b>	<b>0.316</b>	0.000	0.112	-	<b>0.112</b>
48	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	2.004	29.373	0.000	159.224	-	13.096
1	1.00	0.35								<b>0.323</b>	<b>0.320</b>	0.000	0.082	-	<b>0.082</b>
49	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	2.004	29.373	0.000	159.224	-	13.103
1	1.00	0.35								<b>0.323</b>	<b>0.320</b>	0.000	0.082	-	<b>0.082</b>
50	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	2.455	29.031	0.000	159.360	-	17.874
1	1.00	0.35								<b>0.322</b>	<b>0.316</b>	0.000	0.112	-	<b>0.112</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
51	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	3.503	28.019	0.000	159.600	-	21.895
1	1.00	0.35								<b>0.303</b>	<b>0.303</b>	0.000	0.137	-	<b>0.137</b>
52	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	5.121	26.374	0.000	159.933	-	25.050
1	1.00	0.35								<b>0.285</b>	<b>0.283</b>	0.000	0.157	-	<b>0.157</b>
53	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	7.270	24.157	0.000	160.345	-	27.233
1	1.00	0.35								<b>0.255</b>	<b>0.255</b>	0.000	0.170	-	<b>0.170</b>
54	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	9.895	21.452	0.000	160.819	-	28.356
1	1.00	0.35								<b>0.226</b>	<b>0.222</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
55	100 X 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	12.932	18.364	0.000	161.339	-	28.343
1	1.00	0.35								<b>0.182</b>	<b>0.183</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
56	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	16.304	15.016	0.000	161.885	-	27.137
1	1.00	0.35								<b>0.141</b>	<b>0.141</b>	0.000	0.168	-	<b>0.168</b>
57	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	19.927	11.549	0.000	162.439	-	24.700
1	1.00	0.35								<b>0.097</b>	<b>0.098</b>	0.000	0.152	-	<b>0.152</b>
58	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	181.603	17.040	0.000	162.978	-	21.011
1	1.00	0.35								<b>0.058</b>	<b>0.057</b>	0.000	0.129	-	<b>0.129</b>
59	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	183.873	15.950	0.000	163.457	-	21.581
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.055</b>	0.000	0.132	-	<b>0.132</b>
60	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	189.126	15.242	0.000	163.947	-	21.970
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.134	-	<b>0.134</b>
61	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	191.917	15.138	0.000	164.463	-	19.053
1	1.00	0.35								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.116	-	<b>0.116</b>
62	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	191.877	15.138	0.000	164.955	-	15.029
1	1.00	0.35								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.091	-	<b>0.091</b>
63	100 X 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	194.660	14.918	0.000	165.407	-	9.912
1	1.00	0.35								<b>0.054</b>	<b>0.053</b>	0.000	0.060	-	<b>0.060</b>
64	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	197.408	14.513	0.000	175.100	-	9.315
2	1.00	0.40								<b>0.042</b>	<b>0.042</b>	0.000	0.053	-	<b>0.053</b>
65	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'149	200.508	13.856	0.000	181.653	-	12.616
2	1.00	0.40								<b>0.041</b>	<b>0.042</b>	0.000	0.069	-	<b>0.069</b>
66	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	7'946	203.489	12.864	0.000	197.296	-	18.933
4	1.00	0.45								<b>0.035</b>	<b>0.035</b>	0.000	0.096	-	<b>0.096</b>
67	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'946	206.718	11.450	0.000	197.607	-	23.571
4	1.00	0.45								<b>0.034</b>	<b>0.034</b>	0.000	0.119	-	<b>0.119</b>
68	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	209.723	9.531	0.000	212.781	-	26.838
5	1.00	0.50								<b>0.029</b>	<b>0.030</b>	0.000	0.126	-	<b>0.126</b>
69	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	207.108	10.049	0.000	213.042	-	29.420
5	1.00	0.50								<b>0.029</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.138	-	<b>0.138</b>
70	100 x 55		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	9'540	207.124	13.635	0.000	227.886	-	30.528
6	1.00	0.55								<b>0.028</b>	<b>0.028</b>	0.000	0.134	-	<b>0.134</b>
71	100 x 55		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	9'540	206.817	17.658	0.000	227.842	-	32.366
6	1.00	0.55								<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	0.000	0.142	-	<b>0.142</b>
72	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10'337	207.348	20.614	0.000	242.243	-	27.338
7	1.00	0.60								<b>0.029</b>	<b>0.030</b>	0.000	0.113	-	<b>0.113</b>
73	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10'337	208.142	23.869	0.000	242.297	-	23.917
7	1.00	0.60								<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	0.000	0.099	-	<b>0.099</b>
74	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	7'946	208.385	27.909	0.000	198.541	-	23.363
4	1.00	0.45								<b>0.053</b>	<b>0.054</b>	0.000	0.118	-	<b>0.118</b>

4.2.2.2 Nachweis GZG

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZG -Nachweise am vollständigen CT-IN Schnitt angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil GL-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

4.2.2.2 Verifiche SLE

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sulla sezione CT-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GL-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$	$\sigma_{c, Adm}$	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$	$\sigma_{s, Adm}$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	100 x 36		SLE - N6	0.56	2.90	OK	-1.43	-18.00	OK	1.84	360.00	OK
3	1.00	0.36										
2	100 x 70		SLE - N6	0.12	2.90	OK	-0.53	-18.00	OK	0.54	360.00	OK
8	1.00	0.75										
3	100 x 70		SLE - N6	0.13	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	0.62	360.00	OK
8	1.00	0.75										
4	100 x 90		SLE - N6	0.07	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.35	360.00	OK
9	1.00	0.90										
5	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.36	360.00	OK
9	1.00	0.90										
6	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.37	360.00	OK
9	1.00	0.90										
7	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.37	360.00	OK
9	1.00	0.90										
8	100 x 90		SLE - N6	0.07	2.90	OK	-0.36	-18.00	OK	0.34	360.00	OK
9	1.00	0.90										
9	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.38	-18.00	OK	0.37	360.00	OK
9	1.00	0.90										
10	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
9	1.00	0.90										
11	100 x 90		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	0.41	360.00	OK
9	1.00	0.90										
12	100 x 90		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-0.40	-18.00	OK	0.41	360.00	OK
9	1.00	0.90										
13	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.39	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
9	1.00	0.90										
14	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.38	-18.00	OK	0.36	360.00	OK
9	1.00	0.90										
15	100 x 90		SLE - N6	0.07	2.90	OK	-0.36	-18.00	OK	0.33	360.00	OK
9	1.00	0.90										
16	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.36	360.00	OK
9	1.00	0.90										
17	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.36	360.00	OK
9	1.00	0.90										
18	100 x 90		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.36	360.00	OK
9	1.00	0.90										
19	100 x 90		SLE - N6	0.07	2.90	OK	-0.37	-18.00	OK	0.35	360.00	OK
9	1.00	0.90										
20	100 x 70		SLE - N6	0.13	2.90	OK	-0.54	-18.00	OK	0.61	360.00	OK
8	1.00	0.75										
21	100 x 70		SLE - N6	0.12	2.90	OK	-0.52	-18.00	OK	0.53	360.00	OK
8	1.00	0.75										
22	100 x 36		SLE - N6	0.55	2.90	OK	-1.43	-18.00	OK	1.83	360.00	OK
3	1.00	0.36										
23	100 x 45		SLE - N6	0.25	2.90	OK	-0.90	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
4	1.00	0.45										
24	100 x 60		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-0.53	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
7	1.00	0.60										
25	100 x 60		SLE - N6	0.08	2.90	OK	-0.49	-18.00	OK	0.33	360.00	OK
7	1.00	0.60										



STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
26	100 x 55		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-0.51	-18.00	OK	0.32	360.00	OK
6	1.00	0.55										
27	100 x 55		SLE - N6	0.06	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
6	1.00	0.55										
28	100 x 50		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	0.06	360.00	OK
5	1.00	0.50										
29	100 x 50		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-0.43	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.50										
30	100 x 45		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-0.56	-18.00	OK	0.24	360.00	OK
4	1.00	0.45										
31	100 x 45		SLE - N6	0.13	2.90	OK	-0.64	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
4	1.00	0.45										
32	100 x 40		SLE - N5	0.21	2.90	OK	-0.80	-18.00	OK	0.63	360.00	OK
2	1.00	0.40										
33	100 x 40		SLE - N5	0.22	2.90	OK	-0.80	-18.00	OK	0.67	360.00	OK
2	1.00	0.40										
34	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-0.98	-18.00	OK	0.92	360.00	OK
1	1.00	0.35										
35	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-0.99	-18.00	OK	0.92	360.00	OK
1	1.00	0.35										
36	100 X 35		SLE - N5	0.30	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
1	1.00	0.35										
37	100 X 35		SLE - N5	0.30	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	1.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
38	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-1.01	-18.00	OK	1.07	360.00	OK
1	1.00	0.35										
39	100 X 35		SLE - N5	0.33	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	1.16	360.00	OK
1	1.00	0.35										
40	100 X 35		SLE - N5	0.37	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	1.42	360.00	OK
1	1.00	0.35										
41	100 X 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-0.99	-18.00	OK	2.02	360.00	OK
1	1.00	0.35										
42	100 X 35		SLE - N2	0.64	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	2.60	360.00	OK
1	1.00	0.35										
43	100 X 35		SLE - N2	0.77	2.90	OK	-1.18	-18.00	OK	3.13	360.00	OK
1	1.00	0.35										
44	100 X 35		SLE - N2	0.88	2.90	OK	-1.34	-18.00	OK	3.59	360.00	OK
1	1.00	0.35										
45	100 X 35		SLE - N2	0.97	2.90	OK	-1.48	-18.00	OK	3.96	360.00	OK
1	1.00	0.35										
46	100 X 35		SLE - N2	1.03	2.90	OK	-1.59	-18.00	OK	4.24	360.00	OK
1	1.00	0.35										
47	100 X 35		SLE - N2	1.08	2.90	OK	-1.66	-18.00	OK	4.42	360.00	OK
1	1.00	0.35										
48	100 X 35		SLE - N2	1.09	2.90	OK	-1.68	-18.00	OK	4.48	360.00	OK
1	1.00	0.35										
49	100 X 35		SLE - N2	1.09	2.90	OK	-1.68	-18.00	OK	4.48	360.00	OK
1	1.00	0.35										
50	100 X 35		SLE - N2	1.08	2.90	OK	-1.66	-18.00	OK	4.42	360.00	OK
1	1.00	0.35										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
51	100 X 35		SLE - N2	1.03	2.90	OK	-1.59	-18.00	OK	4.24	360.00	OK
1	1.00	0.35										
52	100 X 35		SLE - N2	0.97	2.90	OK	-1.48	-18.00	OK	3.96	360.00	OK
1	1.00	0.35										
53	100 X 35		SLE - N2	0.88	2.90	OK	-1.34	-18.00	OK	3.59	360.00	OK
1	1.00	0.35										
54	100 X 35		SLE - N2	0.77	2.90	OK	-1.18	-18.00	OK	3.13	360.00	OK
1	1.00	0.35										
55	100 X 35		SLE - N2	0.64	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	2.60	360.00	OK
1	1.00	0.35										
56	100 X 35		SLE - N5	0.51	2.90	OK	-0.99	-18.00	OK	2.02	360.00	OK
1	1.00	0.35										
57	100 X 35		SLE - N5	0.36	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	1.42	360.00	OK
1	1.00	0.35										
58	100 X 35		SLE - N5	0.33	2.90	OK	-1.02	-18.00	OK	1.15	360.00	OK
1	1.00	0.35										
59	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	1.06	360.00	OK
1	1.00	0.35										
60	100 X 35		SLE - N5	0.30	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	0.99	360.00	OK
1	1.00	0.35										
61	100 X 35		SLE - N5	0.30	2.90	OK	-1.00	-18.00	OK	0.94	360.00	OK
1	1.00	0.35										
62	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-0.99	-18.00	OK	0.92	360.00	OK
1	1.00	0.35										
63	100 X 35		SLE - N5	0.31	2.90	OK	-0.98	-18.00	OK	0.92	360.00	OK
1	1.00	0.35										
64	100 x 40		SLE - N5	0.22	2.90	OK	-0.81	-18.00	OK	0.68	360.00	OK
2	1.00	0.40										
65	100 x 40		SLE - N5	0.21	2.90	OK	-0.80	-18.00	OK	0.63	360.00	OK
2	1.00	0.40										
66	100 x 45		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-0.64	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
4	1.00	0.45										
67	100 x 45		SLE - N5	0.11	2.90	OK	-0.56	-18.00	OK	0.25	360.00	OK
4	1.00	0.45										
68	100 x 50		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-0.43	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
5	1.00	0.50										
69	100 x 50		SLE - N5	0.04	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	0.06	360.00	OK
5	1.00	0.50										
70	100 x 55		SLE - N6	0.06	2.90	OK	-0.45	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
6	1.00	0.55										
71	100 x 55		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-0.51	-18.00	OK	0.33	360.00	OK
6	1.00	0.55										
72	100 x 60		SLE - N6	0.09	2.90	OK	-0.49	-18.00	OK	0.33	360.00	OK
7	1.00	0.60										
73	100 x 60		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-0.53	-18.00	OK	0.39	360.00	OK
7	1.00	0.60										
74	100 x 45		SLE - N6	0.25	2.90	OK	-0.91	-18.00	OK	0.95	360.00	OK
4	1.00	0.45										

#### 4.3 NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND

##### 4.3.1 Nachweis des Ausbaus GL

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der außerordentlichen GZT -Nachweise im Brandfall angeführt und zwar für die Widerlager der vollständigen GL angrenzend an den Anschlussbereich. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil T5 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

#### 4.3 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO

##### 4.3.1 Verifica rivestimenti GL

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sui ritti della GL integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T5 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
24(M+N) / 21(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P12	6'911	183.643	24.133	0.000	174.274	-	21.606
1	1.00	0.30								0.095	0.093	0.000	0.124	-	0.124
13(M+N) / 10(V)	100 x 74		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P16	15'616	176.801	52.703	0.000	300.945	-	32.257
2	1.00	0.69								0.037	0.037	0.000	0.107	-	0.107
19(M+N) / 19(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	8'168	220.517	6.560	0.000	205.724	-	18.855
3	1.00	0.35								0.032	0.033	0.000	0.092	-	0.092
18(M+N) / 18(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	10'293	230.002	10.403	0.000	236.243	-	15.686
4	1.00	0.45								0.028	0.028	0.000	0.066	-	0.066
17(M+N) / 17(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	12'418	237.194	13.618	0.000	260.463	-	9.718
5	1.00	0.55								0.024	0.024	0.000	0.037	-	0.037
15(M+N) / 15(V)	100 x 65		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	13'480	222.355	24.643	0.000	268.518	-	37.623
6	1.00	0.60								0.025	0.026	0.000	0.140	-	0.140
14(M+N) / 14(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	14'543	223.344	52.703	0.000	282.643	-	58.939
7	1.00	0.65								0.040	0.041	0.000	0.209	-	0.209

##### 4.3.2 Nachweis des Ausbaus CT-IN

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der außerordentlichen GZT -Nachweise im Brandfall angeführt und zwar für den Regelschnitt CT-IN, vollständig. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Typenprofil GL-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

##### 4.3.2 Verifica rivestimenti CT-IN

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sulla sezione tipo CT-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GL-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
62(M+N) / 53(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N24	N22	14-2-P12	6'935	193.969	10.394	0.000	209.694	-	19.808
1	1.00	0.30								0.043	0.042	0.000	0.405	-	0.094
65(M+N) / 64(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	8'200	197.515	15.971	0.000	248.085	-	17.404
2	1.00	0.35								0.042	0.042	0.000	0.301	-	0.070
22(M+N) / 22(V)	100 x 36		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	7'350	189.458	20.713	0.000	233.158	-	54.209
3	1.00	0.31								0.062	0.062	0.000	0.998	-	0.315
67(M+N) / 74(V)	100 x 45		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	9'263	200.740	19.263	0.000	261.519	-	60.466
4	1.00	0.40								0.039	0.039	0.000	0.992	-	0.231
68(M+N) / 69(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	10'325	200.904	19.263	0.000	273.209	-	14.760
5	1.00	0.45								0.032	0.032	0.000	0.232	-	0.054
70(M+N) / 71(V)	100 x 55		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	11'388	206.655	16.587	0.000	289.507	-	33.346
6	1.00	0.50								0.026	0.026	0.000	0.494	-	0.115
72(M+N) / 73(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P14	12'450	204.549	11.182	0.000	300.104	-	48.480
7	1.00	0.55								0.021	0.021	0.000	0.693	-	0.161
20(M+N) / 21(V)	100 x 70		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P16	14'808	186.218	37.281	0.000	340.970	-	66.593
8	1.00	0.65								0.026	0.027	0.000	0.838	-	0.195
11(M+N) / 19(V)	100 x 90		30.00	360.00	OK	N24	N24	14-2-P16	19'058	176.856	91.185	0.000	383.415	-	57.295
9	1.00	0.85								0.068	0.068	0.000	0.641	-	0.149