

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

**Pozzo di aereazione interconnessione III Valico - Voltri
Pk 0+402 B.D.
Relazione di calcolo, monitoraggio e linee guida**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 5	E	C V	R O	G N 2 R 0 0	0 0 2	A

Progettazione								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione a seguito RDM IG51-05-E-CV-RM--GN2R-00-001	Rocksoil <i>[Signature]</i>	07/03/2016	Rocksoil <i>[Signature]</i>	09/03/2016	A.Mancarella <i>[Signature]</i>	11/03/2016	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG5105ECVROGN2R00002A
-----------	-----------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5105ECVROGN2R00002A</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 217</p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	7
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	8
3.	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....	11
4.	MATERIALI IMPIEGATI.....	14
4.1.	Consolidamenti e rivestimenti provvisori.....	14
4.2.	Rivestimenti definitivi	16
4.3.	Valori di verifica.....	16
5.	DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI	17
5.1.	Metodo delle curve caratteristiche	17
5.1.1.	Aspetti generali	17
5.1.2.	Consolidamento del fronte di scavo.....	20
5.2.	Analisi numeriche agli elementi finiti.....	21
5.3.	Analisi numeriche alla differenze finite.....	22
5.4.	Analisi stabilità del fronte	24
5.4.1.	Metodo di Tamez & Cornejo (1985).....	24
5.4.2.	Metodo di Broms & Bennermark (1967)	26
5.4.3.	Metodo del tasso di deconfinamento critico di Panet (1990).....	27
6.	FASE CONOSCITIVA.....	28
6.1.	Inquadramento geologico	28
6.1.1.	L'unità tettonometamorfica Figogna	28
6.1.2.	Depositi quaternari.....	30
6.2.	Caratterizzazione e modellazione geotecnica.....	31
6.2.1.	Caratteristiche fisiche.....	33
6.2.2.	Caratteristiche meccaniche	34
6.2.3.	Parametri geomeccanici di calcolo	36
6.3.	Analisi delle criticità lungo il tracciato.....	37
6.3.1.	Scavo in metabasalti a medie-alte coperture.....	37
6.3.2.	Scavo in metabasalti a basse coperture	39
7.	FASE DI DIAGNOSI: COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ALLO SCAVO ..	40
7.1.	Cabine e by-pass di collegamento.....	41
7.1.1.	Analisi di stabilità del fronte di scavo	42
7.1.2.	Analisi con il metodo delle linee caratteristiche	44
7.2.	Pozzo di aereazione.....	44
7.2.1.	Analisi con il metodo delle linee caratteristiche	44

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG5105ECVROGN2R00002A</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 217</p>

7.3.	Considerazioni conclusive in fase di diagnosi.....	45
8.	FASE DI TERAPIA: DEFINIZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI	46
8.1.	Tipologie di intervento in fase costruttiva.....	46
8.2.	Descrizione degli interventi previsti e delle fasi costruttive	47
8.2.1.	Cabine di collegamento	47
8.2.2.	By-pass di collegamento.....	48
8.2.3.	Pozzo di aereazione.....	48
9.	ANALISI DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI	49
9.1.	Cabine e by-pass di collegamento.....	49
9.1.1.	Analisi di stabilità del fronte	50
9.1.2.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche	51
9.1.3.	Analisi numeriche bidimensionali.....	52
9.2.	Pozzo di areazione.....	63
9.2.1.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche	63
9.2.2.	Analisi numeriche assialsimmetriche.....	64
10.	RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE E VERIFICHE	71
10.1.	Criteri di verifica dei rivestimento di prima fase	71
10.2.	Criteri di verifica dei rivestimenti definitivi	72
10.3.	Modello 1: Cabina di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m.....	74
10.3.1.	Analisi deformativa	74
10.3.2.	Analisi Tensionale.....	76
10.4.	Modello 2: by-pass di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m	78
10.4.1.	Analisi deformativa	78
10.4.2.	Analisi tensionale.....	80
10.5.	Modello 3: pozzo di areazione - profondità 390 m	82
10.5.1.	Analisi deformativa	82
10.5.2.	Analisi Tensionale.....	84
11.	ANALISI DELLE INTERFERENZE	87
12.	LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ...	89
12.1.	Criteri di applicazione delle sezioni tipo in fase operativa.....	89
12.1.1.	Definizione delle caratteristiche geomeccaniche.....	92
12.1.2.	Risposta deformativa del fronte e del cavo	93
12.1.3.	Fasi esecutive e cadenze di avanzamento.....	94
12.1.4.	Procedura di applicazione sezioni tipo e relative variabilità.....	95
12.2.	Campo di applicazione delle soluzioni progettuali e variabilità degli interventi	97
12.2.1.	Applicazione di una diversa sezione tipo	98
12.3.	Soglie di attenzione e allarme.....	99

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5105ECVROGN2R00002A</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 217</p>

12.4.	Tecnologie alternative e prescrizioni.....	100
12.4.1.	Pre-spritz al fronte e al contorno – funzione e sua applicazione	100
12.4.2.	Tecnologie alternative per l’armatura dello spritz-beton	100
12.4.3.	Distanze di getto dei rivestimenti definitivi	100
12.4.4.	Resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative	101
12.4.5.	Soglie d’attenzione e d’allarme	102
12.4.6.	Criticità.....	102
13.	MONITORAGGIO DEL BY-PASS E DELLE CABINE DI COLLEGAMENTO ..	103
13.1.	Rilievi del fronte	104
13.1.1.	Rilievi di tipo analitico.....	104
13.1.2.	Rilievo di tipo speditivo e pittorico.....	107
13.1.3.	Archiviazione dei dati geologici.....	107
13.2.	Misure di convergenza del prerivestimento	108
13.3.	Misura dello stato tensionale nel prerivestimento - barrette estensimetriche	110
13.4.	Misura dello stato tensionale nel prerivestimento - celle di carico	111
14.	MONITORAGGIO DEL POZZO	112
14.1.	Misure di convergenza del prerivestimento	112
15.	CONCLUSIONI	114
16.	ALLEGATI DI CALCOLO	115
16.1.	By-pass di collegamento.....	116
16.1.1.	Analisi di stabilità del fronte in fase di diagnosi	116
16.1.2.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di diagnosi	118
16.1.3.	Analisi di stabilità del fronte in fase di terapia.....	120
16.1.4.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia	121
16.1.5.	Analisi numerica bidimensionale FEM.....	124
16.1.	Cabina di collegamento	163
16.1.1.	Analisi di stabilità del fronte in fase di diagnosi	163
16.1.2.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di diagnosi	165
16.1.3.	Analisi di stabilità del fronte in fase di terapia.....	167
16.1.4.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia	168
16.1.5.	Analisi numerica bidimensionale FEM.....	171
16.2.	Pozzo di areazione.....	210
16.2.1.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di diagnosi	210
16.2.2.	Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia	212
16.2.3.	Analisi numerica bidimensionale FDM	215
16.1.	Listato verifiche strutturali	217

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5105ECVROGN2R00002A

Foglio
6 di 217

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A <div style="float: right;">Foglio 7 di 217</div>

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere afferenti alla WBS GN2R, poste in prossimità della pk 0+402 del binario dispari della galleria di Interconnessione III Valico - Voltri, compresa nel Progetto Esecutivo della Linea AV/AC Milano Genova - Terzo Valico dei Giovi.

Le opere componenti la WBS in oggetto e le relative fasi costruttive sono descritte al § 2.

La metodologia di lavoro è stata sviluppata secondo l'approccio del metodo ADECO-RS (Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli; Lunardi, 2006), che prevede le seguenti fasi progettuali:

- 1) FASE CONOSCITIVA: in tale fase sono raccolte le informazioni geologiche e geotecniche sull'area in esame e sono definiti i parametri geotecnici di progetto;
- 2) FASE DI DIAGNOSI: in tale fase è valutato il comportamento allo scavo dei materiali attraversati in assenza di interventi. Sono definite pertanto 3 classi di comportamento del fronte a seconda dei fenomeni deformativi attesi: A (fronte stabile), B (fronte stabile a breve termine), C (fronte instabile).
- 3) FASE DI TERAPIA: in tale fase sono individuati gli interventi idonei per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza, mediante la definizione di sezioni tipo di scavo e consolidamento.

La formazione geologica attraversata dagli scavi è riconducibile ai Metabasalti del Monte Figogna, da massicci a scistosi talora con tessitura a pillow e fratturazione generalmente intensa.

Lo scavo delle opere è caratterizzato da criticità di tipo idrogeologico dovuta alla fratturazione dell'ammasso attraversato e da interferenze con opere in sottoterraneo preesistenti.

La presente relazione elenca preliminarmente le normative di riferimento, i materiali adottati e i metodi di calcolo utilizzati, per poi inquadrare l'opera e le criticità che ne caratterizzano la realizzazione (Fase Conoscitiva); a seguire è analizzata, tramite metodi analitici, la risposta deformativa dell'ammasso allo scavo (Fase di Diagnosi) e sono dimensionati, tramite modelli numerici bidimensionali e assialsimmetrici, i conseguenti interventi di stabilizzazione (Fase di Terapia). La parte finale della Relazione specifica le linee guida per l'applicazione degli interventi di stabilizzazione e il piano di monitoraggio da prevedere in corso d'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 8 di 217

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le opere afferenti alla WBS GN2R sono poste in un'area compresa tra la pk 0+402 B.D. i e la pk 0+279 B.P. i. Le opere sono composte da:

- pozzo di areazione posto in prossimità della pk 0+402 del binario dispari della galleria di Interconnessione III Valico - Voltri;
- la cabina di collegamento tra il pozzo e il binario dispari della interconnessione;
- del by-pass di collegamento tra il pozzo e il binario pari della interconnessione;
- la cabina lato binario pari che dal termine del by-pass si innesta nel binario pari della interconnessione.

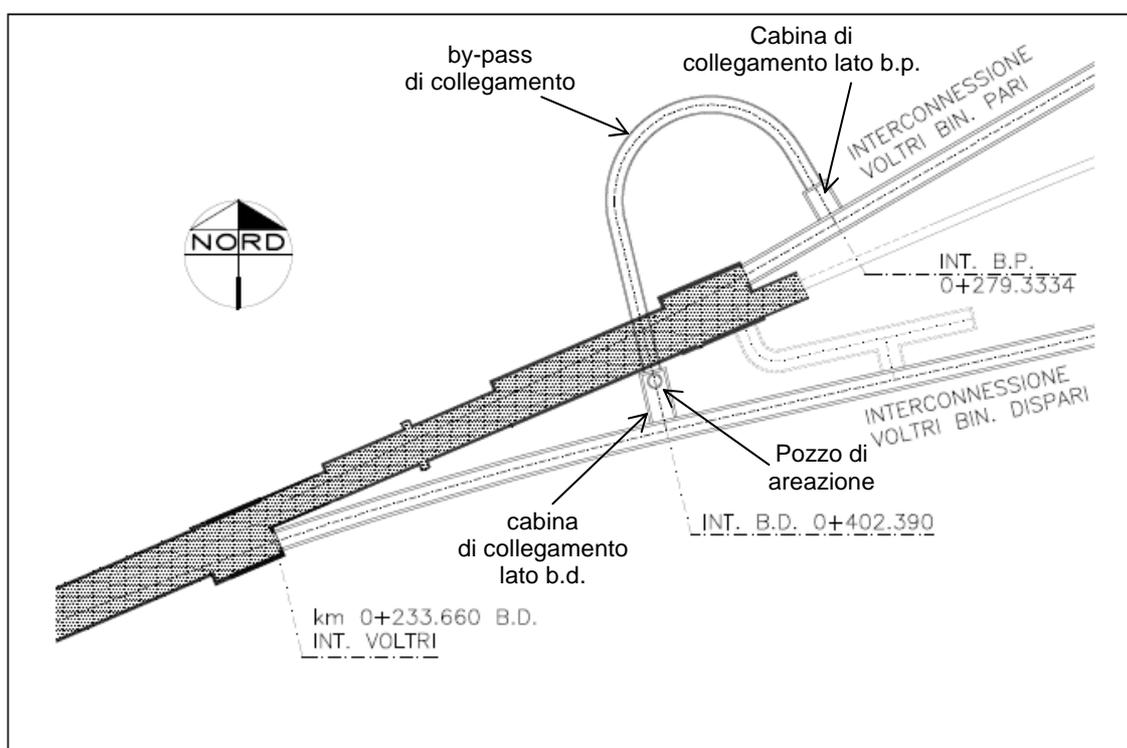


Figura 1. planimetria dell'area con indicazioni delle opere afferenti alla WBS GN2R

Il pozzo raggiunge una lunghezza di circa 390 m circa con raggio di scavo variabile tra 3 m nella sezione corrente (2.50 m di raggio interno) fino a 4.70 m circa nel tratto di innesto con la cabina di collegamento (3.10 m di raggio interno); in prossimità dell'innesto con il by-pass di collegamento il raggio di scavo è invece pari a 3.45 m (2.50 m di raggio interno).

Le cabine di collegamento hanno lunghezza circa 15 m lato B.P. e 22 m circa lato B.D. e raggio di scavo pari a 5.20 m circa (4.30 m di raggio interno). Il by pass di collegamento ha lunghezza di 190 m circa e raggio di scavo di 3.90 m circa (3.10 m di raggio interno) in sezione corrente, mentre la sezione di scavo è maggiorata in corrispondenza dell'innesto con il pozzo (6.0 m raggio di scavo).

Si precisa che la posizione del piazzale di lavorazione e quindi la quota di partenza del pozzo dovrà essere definita una volta note le dimensioni minime di cantiere.

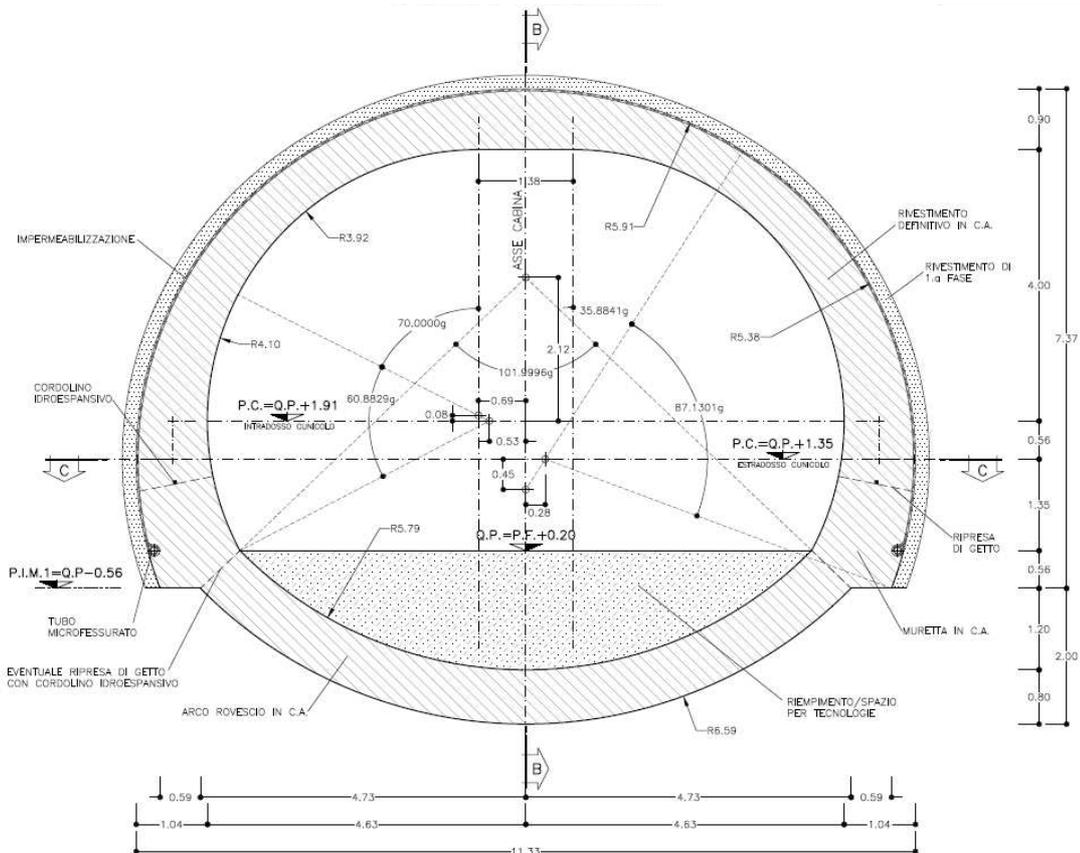


Figura 2. Carpenteria sezione corrente cabina di collegamento

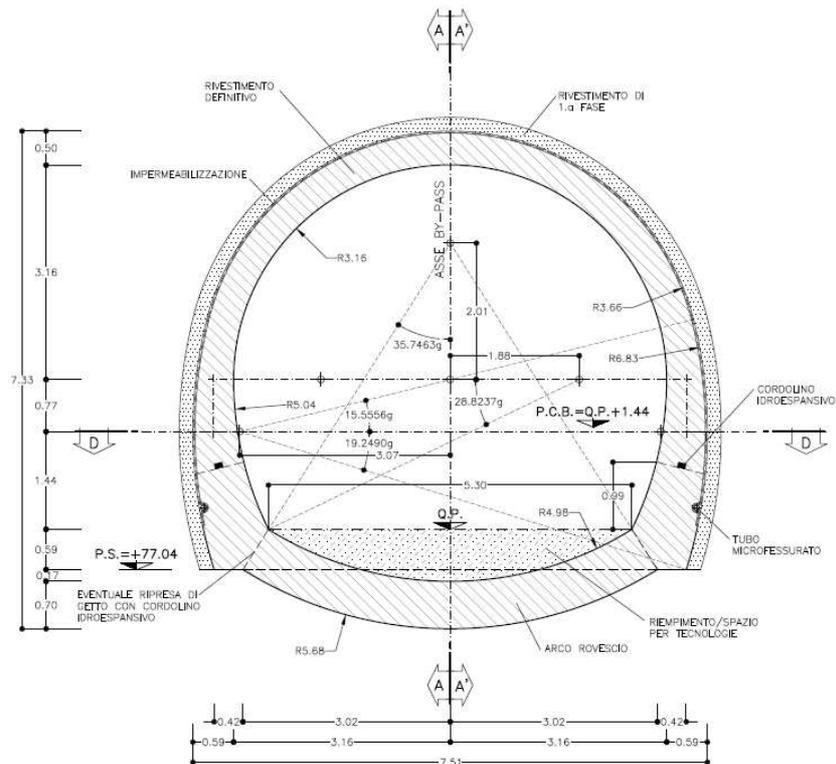


Figura 3. Carpenteria sezione corrente by-pass di collegamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 10 di 217

La realizzazione delle cabine e del by-pass è prevista mediante scavo a piena sezione, con applicazione di opportuni interventi di contenimento del cavo. Interventi locali di precontenimento sono previsti nella sezioni di attacco delle cabine a partire dai binari della interconnessione.

Lo scavo del pozzo di areazione è parzialmente realizzato mediante la tecnica del raise – boring: in seguito all'esecuzione di un foro pilota di diametro 0.35 m, si procede mediante una testa fresante allo scavo di una sezione ridotta ($\phi 1.84$ m), partendo dalla quota del cunicolo fino al piano campagna. Da testa pozzo si procede quindi all'allargo fino al diametro finale di scavo, mediante esplosivo o mezzi meccanici.

Preliminarmente all'inizio delle fasi di realizzazione del pozzo, è prevista l'esecuzione di uno scavo di sbancamento fino alla quota indicativa di 457 m s.l.m. La definizione della geometria e della estensioni degli scavi preliminare potrà essere dettagliata in corso d'opera senza che questo influisca sul dimensionamento del pozzo e delle opere correlate.

La presenza di quattro diverso corpi d'opera (pozzo, by-pass e cabine), collegati tra loro e con i binari della interconnessione, richiede la seguente definizione della successione delle fasi generali di lavorazioni:

- fase 0: getto dei rivestimenti definitivi dei binari delle galleria di linea, prevedendo il risparmio del getto dei rivestimenti definitivi in corrispondenza delle pk 0+402 B.D. i ca. e 0+279 B.P. i ca.;
- fase 1a: interventi di precontenimento in corrispondenza dell'innesto della cabina di collegamento b.d. i (pk 0+402 B.D. i), eseguiti dal binario dispari della galleria di interconnessione;
- fase 2a: scavo della cabina di collegamento lato b.d., prevedendo il risparmio del getto di calotta in corrispondenza dell'innesto del pozzo di ventilazione;
- fase 1b: interventi di precontenimento in corrispondenza dell'innesto della cabina di collegamento b.p. i (pk 0+279 B.D. i), eseguiti dal binario pari della galleria di interconnessione;
- fase 2b: scavo della cabina di collegamento lato b.p.;
- fase 3: scavo del by-pass a partire dalla cabina di collegamento lato b.p., prevedendo il risparmio del getto dei rivestimenti definitivi in corrispondenza dell'innesto del pozzo di ventilazione;
- fase 4: scavo del pozzo di ventilazione fino all'innesto con il by-pass;
- fase 5 passaggio "a vuoto" dello scavo del pozzo in corrispondenza della sezione del by-pass;
- fase 6: prosecuzione dello scavo del pozzo fino all'innesto con la cabina di collegamento lato b.d..

La successione delle fasi esecutive con stesso codice numerico può essere definito in corso d'opera in funzione delle reali necessità operative.

Gli interventi previsti per le singole opere in progetto sono indicati al § 8.2, mentre per la successione di dettaglio delle fasi esecutive si rimanda agli elaborati grafici relativi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 11 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 11 di 217
Foglio 11 di 217		

3. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Per il calcolo e per le verifiche delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

- Istruzioni C.N.R. 10012-81

Azioni sulle costruzioni.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988

Legge 2 febbraio 1974 art. 1 - D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 12 di 217

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5105ECVROGN2R00002A</p>	<p>Foglio 13 di 217</p>

RACCOMANDAZIONI

- Eurocodice 1 UNI-EN-1991

Criteria generali di progettazione strutturale

- Eurocodice 2 UNI-EN-1992

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- Eurocodice 3 UNI-EN-1993

Progettazione delle strutture in acciaio

- Eurocodice 4 UNI-EN-1994

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

- Eurocodice 7 UNI-EN-1997

Progettazione Geotecnica

- Eurocodice 8 UNI-EN-1998

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313" style="float: right;"> <tr> <td>Foglio</td> <td>14 di</td> </tr> <tr> <td></td> <td>217</td> </tr> </table>	Foglio	14 di		217
Foglio	14 di				
	217				

4. MATERIALI IMPIEGATI

Nei paragrafi seguenti sono elencate le caratteristiche dei materiali utili al calcolo delle opere in progetto. Per il dettaglio dei materiali impiegati si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

4.1. Consolidamenti e rivestimenti provvisori

Spritz beton $f_{cm(28gg)}$ 25 MPa fibrorinforzato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza media su carote $h/\phi = 1$ a 48 ore ≥ 13 MPa, a 28 gg ≥ 25 MPa - dosaggio per fibre in acciaio ≥ 30 kg/m³
Spritz beton $f_{cm(28gg)}$ 30 MPa fibrorinforzato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza media su carote $h/\phi = 1$ a 48 ore ≥ 13 MPa, a 28 gg ≥ 30 MPa - dosaggio per fibre in acciaio ≥ 30 kg/m³
Acciaio per centine, piastre e collegamenti:	- S275
Acciaio per catene	- S275
Acciaio per armatura e rete elettrosaldata:	- B450 C
Acciaio bulloni ad ancoraggio continuo	- B450 C
Impermeabilizzazione in PVC	<ul style="list-style-type: none"> - teli sp. 2+/-0.5 mm, - Resistenza a trazione ≥ 15 MPa - Allungamento a rottura $\geq 250\%$ - Resistenza alla lacerazione ≥ 100N/mm - Resistenza alla giunzione ≥ 10.5 MPa - Stabilità al calore = 70°C - Flessibilità a freddo = -30°C - Resistenza alle soluzioni acide alcaline = +/- 20% max allungamento - Comportamento al fuoco B2 - Resistenza alla pressione dell'acqua a 1 MPa per 10 ore: impermeabile
Tubi in VTR (caratteristiche del composito)	<ul style="list-style-type: none"> - Diametro esterno = 60 mm ad aderenza migliorata - Diametro di perforazione = 100-120 mm - Spessore medio = 10 mm - Densità ≥ 1.8 t/mc

	<ul style="list-style-type: none"> - Res. a trazione ≥ 600 MPa - Res. a taglio ≥ 100 MPa - Modulo elastico ≥ 30000 MPa - Contenuto in vetro ≥ 50 % - Resistenza a flessione ≥ 600 MPa - Resistenza allo scoppio ≥ 8MPa - Perforazione eseguita a secco
Miscele cementizie per cementazione a bassa pressione	<p>Cemento 42.5R</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c = 0.5-0.7 - Fluidificante = 4 % di peso sul cemento - Resistenza a compressione a 48 ore > 5 MPa
Iniezioni di guaina	<p>Cemento R32.5 – R42.5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c $\approx 1.5-2$ - Bentonite $\approx 5-8$ % sul peso di cemento - Densità ≈ 1.3 t/m³ - Rendimento volumetrico ≥ 95% - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 30-35 sec
Iniezione di consolidamento	<p>Cemento R42.5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cemento a finezza di macinazione non inferiore a 4500 cm/g Blaine - Rapporto a/c $\approx 0.4-0.7$ - Bentonite < 2 % - Additivo fluidificante (Flowcable o simili) ≈ 4 % di peso del cemento - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 35-45 sec. - Densità ≈ 1.8 t/m³ - Rendimento volumetrico > 95%
Parametri minimi del terreno consolidato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione 48h > 1.0 MPa - R.Q.D. 48h > 50%

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 16 di 217

4.2. Rivestimenti definitivi

Acciaio per armatura:	B450 C
Calcestruzzo strutturale calotta e piedritti	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale arco rovescio	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S3
Calcestruzzo strutturale rivestimento pozzo	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S4
Magrone di pulizia di sottofondo	Rm \geq 15 MPa, Tipo CEM I-V

Per le sezioni non armate la classe di esposizione del calcestruzzo è XC0.

4.3. Valori di verifica

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio S275	$\sigma_{amm} = 190$ MPa
Acciaio B450 C	$\sigma_{amm} = 160$ MPa (*)
Calcestruzzo strutturale non armato C25/30 MPa	$\sigma_{amm} = 7.5$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa
Calcestruzzo strutturale armato C25/30 MPa	$\sigma_{amm} = 9.75$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa $\tau_{c1} = 1.80$ MPa

(*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione: $\sigma_{amm} = 255$ MPa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 17 di 217

5. DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI

I metodi di calcolo utilizzati per la verifica delle sezioni tipo previste nell'opera in esame sono i seguenti:

- 1) Metodo delle curve caratteristiche;
- 2) Modelli numerici a elementi e differenze finite;
- 3) Analisi di stabilità del fronte.

Nei paragrafi successivi della presente relazione verranno spiegate le ipotesi principali su cui si basano i metodi sopra elencati.

I software di calcolo utilizzati per la progettazione dell'opera oggetto della presente relazione sono i seguenti:

- **GV4-rev1/2003**: “Metodo convergenza-confinamento e similari” – Sial.Tec Engineering
- **PLAXIS ver. 2011**: Programma a elementi finiti – *Delft University of Technology & Plaxis bv.*
- **FLAC ver. 7**: Programma alle differenze finite - *Itasca Consulting Group, Inc.*

5.1. Metodo delle curve caratteristiche

5.1.1. Aspetti generali

Le curve caratteristiche consistono nel simulare lo scavo di una galleria nell'ipotesi di simmetria assiale e di stato di deformazione piana.

Per curve caratteristiche di una cavità si intendono delle curve che legano le pressioni di contenimento, esercitate in senso radiale sul bordo della galleria dalle opere di stabilizzazione e di rivestimento, agli spostamenti radiali al suo contorno (convergenze).

Lo scavo è rappresentato come una graduale riduzione di una pressione fittizia “p” applicata alle pareti della galleria, tramite cui si simula il progressivo deconfinamento della roccia prodotto dall'avvicinarsi del fronte di scavo alla sezione di calcolo e al successivo avanzamento del fronte stesso, cui corrisponde una convergenza radiale “u” crescente in funzione delle caratteristiche dell'ammasso.

Esse possono quindi essere utilizzate, oltre che per valutare il comportamento dell'ammasso allo scavo, anche per determinare lo stato di sollecitazione sui diversi interventi costituenti la galleria, mediante la sovrapposizione degli effetti delle curve caratteristiche della cavità e dei singoli interventi che la costituiscono.

Per ogni galleria è possibile costruire due curve caratteristiche principali:

- quella valida presso il fronte di scavo, detta curva caratteristica del fronte, che tiene conto dell'effetto tridimensionale delle tensioni vicino ad esso e che permette di risalire, mediante

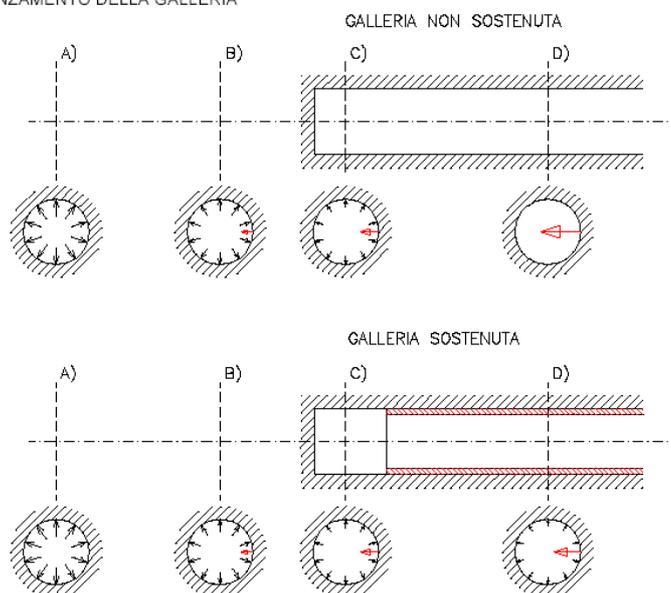
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 18 di 217

considerazioni sulla resistenza del nucleo, all'entità della convergenza già subita dalla galleria nella sezione in corrispondenza al fronte di scavo,

- quella valida per qualsiasi sezione sufficientemente lontana dal fronte, detta curva caratteristica della cavità, per la quale lo stato di tensione può considerarsi piano.

In generale, ove la curva caratteristica non intersechi in un valore finito l'asse delle deformazioni radiali, la galleria risulta instabile senza adeguati interventi di stabilizzazione.

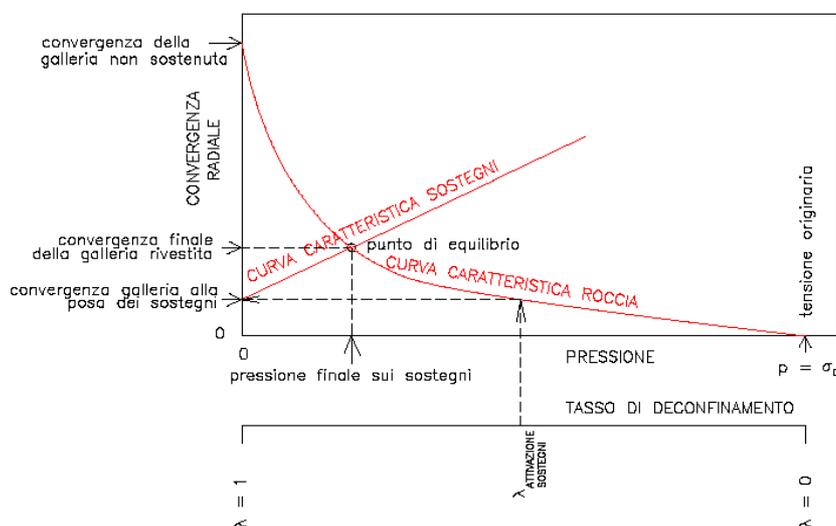
FIGURA 11. PROGRESSIVO DECONFINAMENTO DEL BORDO DI SCAVO PER SIMULARE L'AVANZAMENTO DELLA GALLERIA



Se la galleria è scavata in assenza di sostegni, il valore finale della pressione di confinamento è pari a 0; in caso contrario allo stato finale è presente una pressione di confinamento > 0 che rappresenta la pressione di equilibrio del cavo ottenuta dall'intersezione della curva caratteristica della cavità e dei rivestimenti impiegati. Quest'ultima curva, a sua volta, dipende dalle proprietà dei materiali impiegati e dalle deformazioni subite dall'ammasso prima della posa in opera dei sostegni provvisori e quindi, in ultima analisi, è legata al comportamento del fronte di scavo e al tipo di interventi previsti in avanzamento.

Mediante la sovrapposizione degli effetti delle curve "caratteristiche" della galleria, dei sostegni provvisori e definitivi e del fronte è possibile ridurre il problema tridimensionale in prossimità del fronte di scavo ad un problema bidimensionale; l'intersezione delle varie curve permette di determinare graficamente il comportamento della galleria allo scavo.

FIGURA 12. CURVE CARATTERISTICHE



La **curva caratteristica del rivestimento**, o curva di confinamento, è individuata dalla rigidità della struttura K_{st} e dallo spostamento radiale u_{d0} che si è già generato nell'intorno del cavo prima dell'installazione del supporto, messo in opera a distanza d_0 dal fronte di avanzamento della galleria.

Il valore della convergenza alla distanza di posa in opera del rivestimento, u_{d0} , viene determinato simulando l'effetto di deconfinamento dovuto allo scavo e all'allontanamento del fronte per mezzo di una pressione fittizia applicata alla parete della galleria. Tale pressione, inizialmente pari allo stato di sforzo originario, viene ridotta fino ad un valore P^* definito da un tasso di rilascio λ :

$$P^* = (1 - \lambda) \cdot \sigma_0$$

In tutti i casi è necessario valutare lo spostamento al fronte "uf" per risalire allo spostamento radiale alla distanza d_0 .

Tracciando la **curva caratteristica del fronte**, non solo si ricava il valore "uf", tenendo conto del tipo di preconsolidamento eventualmente effettuato in avanzamento dal fronte stesso, ma è anche possibile individuare a priori il comportamento della galleria, distinguendo tra fronte stabile (A), stabile a breve termine (B) ed instabile (C), secondo la classificazione A.De.Co.Rs già presentata nei paragrafi precedenti.

Noto lo spostamento al fronte e determinato l'andamento della curva di convergenza longitudinale della galleria tramite la funzione che fornisce il tasso di deconfinamento λ , si calcola il valore della convergenza radiale già subita dal cavo, prima della posa in opera del rivestimento; la curva di confinamento risulta a questo punto completamente definita.

La condizione di equilibrio, individuata dallo spostamento radiale u_{re} o dalla pressione radiale $P = P_e$, è determinata dall'intersezione della curva caratteristica del terreno e di quella del rivestimento. Tale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 311"> <tr> <td>Foglio 20 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 20 di 217
Foglio 20 di 217		

condizione risulta verificata se la pressione di equilibrio è inferiore alla resistenza massima propria del rivestimento.

In virtù dei sistemi di avanzamento proposti, volti a conservare le caratteristiche meccaniche del terreno indisturbato, limitando al minimo il rimaneggiamento e l'alterazione dello stesso conseguente alle operazioni di scavo, diviene estremamente importante sapere quanto il terreno è effettivamente in grado di incassare nelle sue condizioni naturali e indisturbate, prima di giungere alla rottura. La conoscenza delle caratteristiche di resistenza al taglio del terreno nelle sue condizioni naturali è indispensabile per determinare con discreta accuratezza il contributo al contenimento del cavo che i vari interventi adottati saranno in grado di fornire.

Il discorso così impostato sulla sensibilità del terreno dovrà essere poi allargato per mettere in conto anche l'eterogeneità strutturale dell'ammasso, che in rapporto alle coperture in gioco, è determinante nella parametrizzazione geotecnica dell'ammasso. Non essendo realmente praticabile l'ipotesi di una perfetta conoscenza delle condizioni del terreno ad ogni avanzamento sarà necessario individuare, anche facendo ipotesi di lavoro sulla base di esperienze maturate in casi analoghi, condizioni geotecniche standard in base alle quali svolgere i calcoli.

Si precisa inoltre che i calcoli svolti fanno riferimento a condizioni puramente statiche, considerando il consolidamento del fronte come un irrigidimento del nucleo e non come uno strumento di stabilizzazione del paramento, che pertanto rimane pur sempre una fonte di pericolo da tenere costantemente sotto controllo, evitando che le maestranze permangano entro il suo raggio di azione in particolare durante le operazioni di scavo.

Infatti quando il fronte è assoggettato all'opera di demolizione mediante utensili quali la sega dentata del pretaglio, il ripper, ecc. si vanno a modificare le condizioni iniziali, che quindi in tale contesto perdono la loro validità anche a prescindere dalla stabilità dimostrata dal fronte prima della sua demolizione.

5.1.2. Consolidamento del fronte di scavo

Nel caso di presenza di trattamenti di rinforzo del fronte (VTR, Jet-grouting ecc.) posti in opera in avanzamento, il loro effetto stabilizzante può utilmente essere tenuto in conto incrementando la resistenza coesiva dell'ammasso.

Infatti la chiodatura esercita un'azione di contenimento passivo del fronte, rappresentabile, nel caso di impiego di elementi strutturali in VTR, da una tensione di confinamento σ_3^{VTR} fittizia, funzione dei parametri tecnici del trattamento secondo le equazioni:

$$\sigma_3^{VTR_A} = \frac{\tau_A \cdot L_A \cdot 2p_A}{A_i}$$

$$\sigma_3^{VTR_B} = \frac{\sigma_T \cdot A_T}{A_i}$$

$$\sigma_3^{VTR} = \text{minimo} (\sigma_3^{VTR_A}, \sigma_3^{VTR_B})$$

dove:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1546 315"> <tr> <td>Foglio 21 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 21 di 217
Foglio 21 di 217		

- τ_a = tensione di aderenza ammasso-fondazione;
- L_A = semi-lunghezza dell'elemento di rinforzo (si assume che mezzo elemento costituisca la fondazione);
- $2p_A$ = perimetro della sezione reagente a sfilamento;
- σ_t = resistenza a trazione dell'elemento di rinforzo;
- A_i = area di influenza di un elemento strutturale;
- A_t = sezione dell'elemento resistente a trazione.

L'effetto di σ_3^{VTR} può essere considerato come incremento di coesione dell'ammasso:

$$\Delta\sigma_C^{\text{Fronte}} = \frac{\sigma_3^{VTR}}{2} * \sqrt{K_p}$$

Se il fronte di scavo è rinforzato con trattamenti colonnari in jet-grouting, allora i parametri di coesione sono migliorati specificando un incremento della coesione di picco pari alla differenza tra la coesione dell'ammasso non trattato e quella dell'ammasso trattato; quest'ultima è valutata come media pesata della coesione originaria del terreno e di quella del trattamento:

$$\Delta c = c_{\text{ammasso trattato}} - c_{\text{ammasso}} = \frac{c_{\text{jet}} \cdot A_{\text{jet}} + c_{\text{ammasso}} \cdot A_{\text{ammasso}}}{A_{\text{tot}}} - c_{\text{ammasso}}$$

dove:

- c_{jet} = coesione dei trattamenti colonnari in jet grouting
- c_{ammasso} = coesione dell'ammasso senza trattamenti
- A_{jet} , A_{ammasso} , A_{tot} = sono le aree, rispettivamente, dei trattamenti colonnari, della sezione di scavo al netto dei trattamenti e della sezione di scavo.

5.2. Analisi numeriche agli elementi finiti

Le analisi tenso-deformative riportate di seguito sono state condotte per mezzo del codice di calcolo *PLAXIS 2D* versione 2011, sviluppato dalla *Delft University of Technology & Plaxis bv*, Olanda, il quale consente di eseguire analisi di stabilità e di deformazione per applicazioni geotecniche in condizioni di deformazioni piane e condizioni assialsimmetriche.

Il problema in stato di deformazione piana viene studiato costruendo un modello agli elementi finiti, specificando le proprietà dei materiali e le condizioni al contorno.

Il modello in stato piano può essere adoperato nel caso in cui la geometria sia riconducibile ad una sezione trasversale (nel piano x,y) che si ripete in modo più o meno uniforme nella direzione ad essa normale. (direzione z) per una lunghezza significativa. In tal senso lo scavo della galleria viene simulato la definizione di una legge di rilassamento del nucleo in grado di simulare il progressivo incremento della deformazione della cavità, con conseguente diminuzione della pressione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 22 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 22 di 217
Foglio 22 di 217		

esercitata sui rivestimenti, attraverso un coefficiente Σ stage che viene progressivamente incrementato da 0 ad 1.

Il rivestimento di prima fase è stato schematizzato con elementi beam, mentre il rivestimento definitivo è simulato con elementi di mesh a cui vengono attribuite le proprietà del calcestruzzo. Per entrambi i rivestimenti si è adottato un modello costitutivo elastico-lineare ed isotropo.

L'interazione tra terreno e struttura può essere simulata per mezzo di elementi interfaccia che consentono di modellare un comportamento intermedio tra un contatto perfettamente liscio ed un contatto perfettamente scabro. La scabrezza dell'interazione è modellata mediante un opportuno valore del fattore di riduzione della resistenza all'interfaccia (Rinter). Questo fattore mette in relazione la resistenza all'interfaccia (attrito ed adesione con il muro) con quella del terreno (angolo di resistenza a taglio e coesione).

Il comportamento tenso-deformativo dell'ammasso roccioso e dei rivestimenti è modellato per mezzo dei seguenti modelli costitutivi:

- **Modello Linear elastic (Elastico lineare)**: Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare. Il modello richiede due parametri di rigidità elastici, che sono il modulo di Young E, ed il coefficiente di Poisson ν . Il modello elastico lineare è molto limitato nei riguardi della simulazione del comportamento del terreno; è utilizzato principalmente per simulare strutture rigide nel terreno.
- **Modello Mohr-Coulomb**: Questo modello viene utilizzato come una prima approssimazione del comportamento del terreno in generale. Il modello richiede cinque parametri, che sono il modulo di Young E, il coefficiente di Poisson ν , la coesione c, l'angolo di attrito ϕ , e l'angolo di dilatanza ψ .

Il tipo di calcolo adottato per le fasi è:

- **Plastic calculation (Calcolo plastico)**: utilizzato per eseguire un'analisi di deformazione elasto-plastica in cui non sia necessario prendere in considerazione la dissipazione delle sovrappressioni neutre nel tempo. La matrice di rigidità in un calcolo plastico normale è riferita alla geometria indeformata originaria. Questo tipo di calcolo è appropriato nella maggior parte delle applicazioni pratiche di tipo geotecnico.

5.3. Analisi numeriche alla differenze finite

Le analisi dei diversi tratti di galleria artificiale sono state condotte impiegando il codice di calcolo FLAC 7.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua), sviluppato da ITASCA Consulting, Inc.. Il software consente di affrontare problemi di meccanica del continuo, determinando gli stati tensionali e deformativi in un dominio bidimensionale, le cui caratteristiche sono definite da leggi di comportamento, di tipo elastico o plastico, e da imposte condizioni al contorno, implementando il metodo delle differenze finite. Tale metodo si basa sulla discretizzazione delle equazioni differenziali che governano il problema fisico in esame, attraverso la sostituzione delle derivate con quozienti di differenze finite. In questo modo, le equazioni differenziali vengono trasformate in

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 23 di 217

equazioni algebriche, da risolversi in successivi passi di calcolo. L'algoritmo di calcolo segue uno schema lagrangiano denominato "esplicito per integrazione diretta nel tempo" (explicit time marking), il quale è in grado di lavorare agevolmente e molto velocemente per sistemi con grandi deformazioni, con stati di collasso molto avanzati e in condizioni di instabilità (la possibilità di giungere al collasso non è infatti limitata da problemi di stabilità numerica, quale l'invertibilità di matrici). L'adattamento del metodo alle differenze finite a casi di griglia di forma qualunque segue l'approccio di Wilkins M.L..

La discretizzazione viene operata sovrapponendo alla porzione di continuo considerata un reticolo, in genere di maglie quadrilatera, in corrispondenza dei cui nodi (gridpoints) sono definite le grandezze in gioco. E' allora possibile approssimare la derivata prima di una funzione rispetto a una variabile indipendente, con il rapporto tra la variazione subita dalla funzione stessa nel passare da un nodo ad uno contiguo, e la corrispondente variazione della variabile indipendente.

Con riferimento a quanto di seguito, può assumersi ad un certo istante t una delle seguenti equivalenze:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i+1,j}^t - u_{i,j}^t}{\Delta x},$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i+1,j}^t - u_{i-1,j}^t}{2\Delta x},$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{i,j} \approx \frac{u_{i,j}^t - u_{i-1,j}^t}{\Delta x}.$$

In modo analogo si opera per le derivate rispetto ad y, e per le derivate di ordine superiore. La legge costitutiva del materiale viene espressa nella seguente forma:

$$\sigma = E \cdot \frac{\partial u}{\partial x} \Rightarrow \sigma'_{i,j} = E \cdot \frac{u'_{i+1,j} - u'_{i,j}}{\Delta x}$$

Il codice di calcolo FLAC usa uno schema di soluzione "esplicito condizionatamente stabile", la cui sequenza di calcolo iterativo, illustrata schematicamente in Figura 4, comprende i seguenti passi:

- per ogni nodo della griglia si valuta la massa m, la risultante delle forze esterne Fe (gravità, carichi esterni, ...), la risultante delle forze interne Fi, calcolata per integrazione degli sforzi nelle zone collegate al nodo stesso, così che è possibile determinare la forza squilibrata agente sul nodo Fu (*unbalanced force* $F_u = F_e - F_i$);
- per ogni *gridpoint* si scrive l'equazione di Newton $F_u = m \cdot a$, tramite la quale è possibile determinare l'accelerazione del nodo in esame; integrando due volte l'accelerazione si ottiene la velocità e lo spostamento incrementale di ogni nodo;
- dal campo di spostamenti incrementali, è possibile risalire al campo di deformazioni incrementali e quindi, attraverso il legame costitutivo dei materiali, al campo di variazioni degli sforzi nel reticolo;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 24 di 217

- la variazione degli sforzi comporta la modifica, per ogni nodo della griglia, della risultante delle forze interne e conseguentemente la necessità di rideterminare la F_u , dando inizio ad un nuovo passo di calcolo. Il processo iterativo ha termine qualora si ottenga una forza squilibrata che abbia un valore minore di una tolleranza prestabilita.

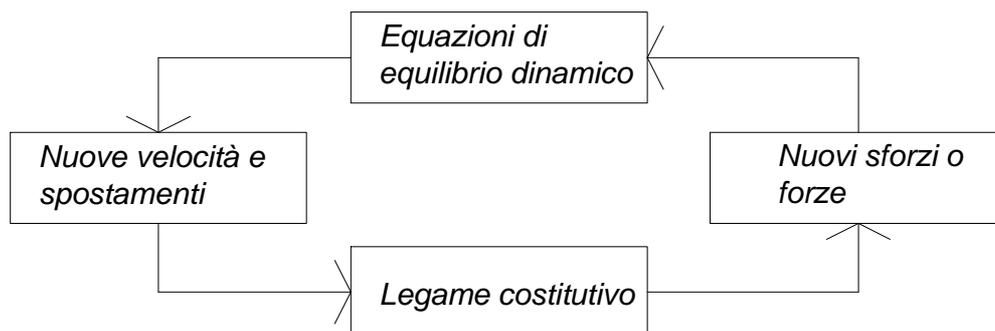


Figura 4. Schema di soluzione FDM

5.4. Analisi stabilità del fronte

Nel paragrafi seguenti sono descritti i metodi di calcolo impiegati per l'analisi di stabilità del fronte.

5.4.1. Metodo di Tamez & Cornejo (1985)

La valutazione della stabilità del fronte di scavo può essere condotta mediante l'impiego di metodi analitici semplificati all'equilibrio limite. In particolare si fa riferimento alle teorie di Tamez e Cornejo che ipotizzano che esistano dei prismi di terreno in distacco secondo sezioni longitudinali, giungendo a definire un coefficiente di sicurezza FSF nei confronti della stabilità del fronte di scavo. Tali metodi consentono inoltre di tenere in conto degli interventi di preconsolidamento assumendo per il terreno trattato caratteristiche meccaniche incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Si riporta nel seguito una breve sintesi di riepilogo del metodo adottato.

Il metodo dell'equilibrio limite proposto da Tamez tiene conto della riduzione dello stato di confinamento triassiale del nucleo di terreno oltre il fronte per mezzo di un meccanismo di rottura del tipo effetto volta, con il quale il volume di terreno gravante sulla corona della galleria è definito da un paraboloide, approssimato mediante tre solidi prismatici, come illustrato nelle figure seguenti.

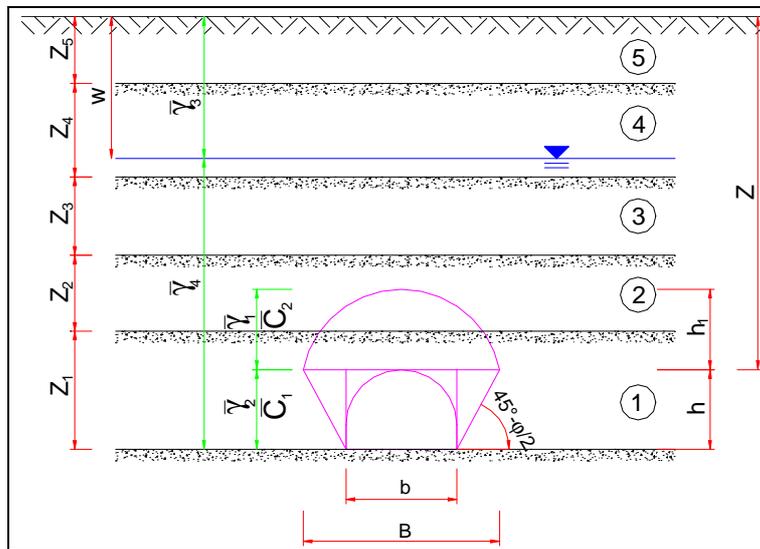


Figura 5. Sezione trasversale dello schema proposto da Tamez

In questo modo si determinano le massime tensioni tangenziali che si possono sviluppare sulle facce di ogni prisma senza che avvengano scorrimenti (forze resistenti) e le forze di massa di ogni prisma (forze agenti). Il rapporto tra i momenti delle forze resistenti e delle forze agenti fornisce un coefficiente di sicurezza, denominato FSF (face security factor).

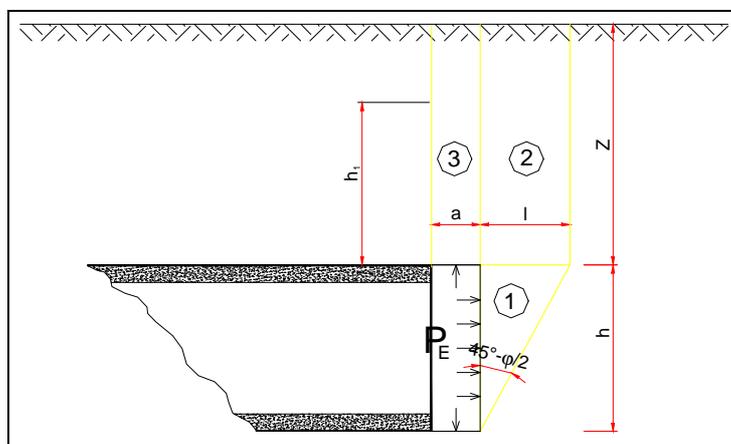


Figura 6. Sezione longitudinale dello schema proposto da Tamez

Anche per le analisi con il metodo dell'equilibrio limite è possibile tener conto di eventuali interventi di preconsolidamento del fronte mediante attraverso un incremento di coesione seguendo un approccio del tutto analogo a quanto illustrato per le linee caratteristiche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 26 di 217

5.4.2. Metodo di Broms & Bennermark (1967)

Un secondo metodo per valutare la stabilità del fronte è basato sulla definizione del rapporto di stabilità definito da Broms e Bennermark (1967) nella seguente maniera:

$$N = \frac{\sigma_s + \gamma \cdot Z - \sigma_T}{c_u}$$

dove:

- γ = peso dell'unità di volume del terreno;
- Z = profondità dell'asse della galleria;
- σ_s = sovraccarico eventualmente presente in superficie;
- σ_T = eventuale pressione di sostegno applicata al fronte;
- c_u = resistenza al taglio, in condizioni non drenate, alla profondità della galleria.

Sulla base di prove di estrusione eseguite in laboratorio e d'osservazioni in sito, Broms e Bennermark (1967) hanno concluso che il valore del rapporto di stabilità critico N_c perché si manifesti il collasso è pari a circa 6. A conclusioni simili giunse Peck (1969).

Il rapporto di stabilità definito da Broms e Bennermark può ovviamente essere visto come un coefficiente di sicurezza, ma tenendo tuttavia in conto che un valore del rapporto di stabilità più elevato corrisponde ad un coefficiente di sicurezza più basso e pertanto il margine di sicurezza non è facilmente definibile.

La seguente tabella fornisce una indicazione della relazione fra il numero di stabilità e le deformazioni attese (P.B. Attewell in Geddes, 1978).

N	Deformazioni
< 1	Trascurabili
1 – 2	Elastiche
2 – 4	Elasto-plastiche
4-6	Plastiche
> 6	Collasso

Tabella 1. Relazione fra il numero di stabilità e le deformazioni attese

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 311"> <tr> <td>Foglio 27 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 27 di 217
Foglio 27 di 217		

5.4.3. Metodo del tasso di deconfinamento critico di Panet (1990)

Il metodo convergenza-confinamento proposto da Panet permette di analizzare l'interazione fra l'ammasso roccioso ed il sostegno in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo.

La sua applicazione agli ammassi rocciosi a debole resistenza suppone la definizione di un mezzo continuo equivalente al quale attribuire un comportamento elastoplastico rammollente. In questi ammassi, lo scavo di una galleria situata a profondità tali da sviluppare la resistenza massima (gallerie profonde $H > 2D$), provoca elevate convergenze legate alla formazione di una zona decompressa attorno al cavo.

Sotto queste ipotesi, il criterio di Panet consente di verificare le condizioni di stabilità del cavo in funzione del valore critico del tasso di deconfinamento (λ_e) del materiale (valore cui si manifestano le prime plasticizzazioni). Tale indice, in relazione al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, è funzione del coefficiente di spinta passiva K_p e del fattore di stabilità N secondo l'equazione:

$$\lambda_e = \frac{1}{K_p + 1} \left[K_p - 1 + \frac{2}{N} \right]$$

dove

$$N = \frac{2\sigma_z}{\sigma_c}$$

Nel caso di una galleria priva di rivestimento, se $N < 1$, non si raggiunge mai la resistenza massima dell'ammasso roccioso. Raggiunto il limite di rottura ($N > 1$) l'autore suggerisce i seguenti valori limite del tasso di deconfinamento, ai quali corrispondono determinate condizioni di stabilità del fronte:

- se $0.6 < \lambda_e < 1$ il fronte di scavo è stabile; le pressioni raggiungono il valore massimo di resistenza dell'ammasso a tergo del fronte;
- se $0.3 < \lambda_e < 0.6$ il fronte di scavo è stabile a breve termine; al fronte di scavo le pressioni raggiungono il valore di resistenza massima prima in vicinanza del bordo poi verso il nucleo;
- se $\lambda_e < 0.3$ il fronte di scavo instabile; il fronte di scavo è in condizioni di instabilità per cui necessità di interventi preventivi di consolidamento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 28 di 217

6. FASE CONOSCITIVA

Il presente paragrafo contiene la sintesi degli relativi al contesto geomeccanico delle opere in progetto, con particolare riferimento al modello geotecnico e ai parametri di calcolo adottati nel calcolo.

6.1. Inquadramento geologico

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico, nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher at. al., 1992); questo settore ad elevata complessità strutturale è stato recentemente oggetto di una dettagliata revisione cartografica con la realizzazione del nuovo foglio CARG n° 213-230 "Genova" in scala 1:50.000 (Capponi et al., 2009).

Le opere in esame ricadono nella *unità tettonometamorfica Figogna*. Il tratto iniziale degli scavi del pozzo potrebbe intercettare *depositi quaternari*. Per maggiori dettagli riguardo alle unità che caratterizzano l'area di studio si rimanda alla relativa Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.

6.1.1. L'unità tettonometamorfica Figogna

L'unità tettonometamorfica Figogna è costituita da un basamento metaofiolitico e dalla relativa copertura metasedimentaria; la successione-tipo presenta alcuni caratteri peculiari rispetto alle sequenze di crosta oceanica delle altre unità: nei basalti, generalmente con tessitura a *pillow*, sono presenti livelli di ialoclastiti e brecce più o meno rimaneggiate, filoni basaltici e dioritici. I gabbri, generalmente ben rappresentati nelle altre unità, sono volumetricamente molto ridotti.

L'unità Figogna corrisponde all'unità denominata "Timone - Bric Teiolo" dagli autori pre-CARG, denominazione adottata anche nel Progetto Definitivo (2004); essa include le seguenti formazioni:

1. Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP);
2. Metacalcari di Erzelli;
3. Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia;
4. Metabasalti del M. Figogna;
5. Serpentiniti del Bric dei Corvi.

In termini di rapporti stratigrafici, l'unità Figogna è caratterizzata dalla copertura in da scisti silicei / metacalcari / argilloscisti e dal substrato ofiolitico costituito essenzialmente da metabasalti e serpentiniti.

La WBS oggetto del presente studio si trova, da un punto di vista geologico, all'interno dell'unità tettonometamorfica Figogna e più in particolare nella unità nota come Metabasalti del Monte Figogna.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 29 di 217

6.1.1.1 Metabasalti del M. Figogna (B')

Si tratta di metabasalti massivi e a pillow, con orizzonti di breccie basaltiche a tessitura fluidale, più raramente in filoni massicci a tessitura doleritica e con locali filoni decimetrico-metrici di metadioriti. I metabasalti si presentano poco deformati; un accenno di scistosità è più evidente dove si osserva lo stiramento dei pillow, che raramente è accentuato.

Nelle parti centrali della formazione si osservano breccie basaltiche non deformate, con matrice a tessitura fluidale evidenziata da tessiture vacuolari primarie preservate. Presso la cresta spartiacque del M. Figogna sono osservabili facies ialoclastitiche vere e proprie. Più a S, nella cava di Borzoli, ubicata nella parte bassa in asse alla struttura, sono presenti orizzonti di oficalci, interessati da campi di fratture tensionali suturate da calcite.

I metabasalti, relativamente indisturbati da Borzoli al M. Figogna, sono interessati, nel settore occidentale, da numerose faglie transpressive dirette N-S e a vergenza W, che delineano dei duplex della sequenza serpentiniti-metabasalti. Queste strutture sono associate a tessiture cataclastiche, soprattutto nelle serpentiniti, che nella sequenza serpentinite/basalto sembrano agire da orizzonte plastico, assorbendo la maggior parte della deformazione. A ridosso del limite occidentale dell'unità si osservano nuovamente scaglie dei termini bacinali sedimentari, pinzate tra le metabasiti e le unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo. A nord del M. Figogna i metabasalti affiorano in lembi allungati e discontinui di origine tettonica, all'interno della formazione degli argilloscisti di Costagiutta, dove sono frequentemente associati a lembi di metasedimenti silicei, metacalcari e metaoficalciti.

Per l'evoluzione strutturale dei Metabasalti del M. Figogna, si rimanda alla Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.

Da un punto di vista idrogeologico, i Metabasalti del M. Figogna presentano un comportamento reologico generalmente più fragile rispetto alla maggior parte di altre formazioni. Ciò determina una maggior persistenza e pervasività delle fratture, pertanto la permeabilità, anche in stato di fratturazione normale (fuori dalle zone di faglia), è maggiore che negli altri complessi.

I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano per l'ammasso roccioso al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra $1E-06$ e $1E-07$ m/s.

Localmente si sono riscontrate anche conducibilità minori (fino a $1E-08$ m/s), che possono essere correlate a un basso stato di fratturazione o a una scarsa apertura delle fratture legata all'elevata copertura topografica.

Nelle zone di faglia non sono stati eseguiti test idraulici. Sono comunque stimate conducibilità idrauliche dell'ordine di $1E-04$ - $1E-07$ m/s, poiché le osservazioni di terreno hanno messo in luce la presenza ampie zone di danneggiamento, in cui la fratturazione e la permeabilità, sono più elevate. La zona di nucleo generalmente non è caratterizzata dalla presenza di rocce di faglia, ma da un piano di frattura principale con permeabilità analoga a quelle della *damage zone*. Pertanto fenomeni di compartimentazione lungo la faglia, pur non potendo essere esclusi, sono poco probabili.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 30 di 217

6.1.2. Depositi quaternari

L'insieme dei depositi quaternari viene brevemente descritto di seguito per completezza, anche se la galleria in esame si sviluppa a profondità tale da non interferire in alcun modo con le formazioni superficiali.

6.1.2.1 Coltri detritiche di versante (c)

La coltre detritica di versante ha, nell'area considerata, caratteri litologici fortemente condizionati dalla litologia del substrato. Le "Argille a Palombini" sono piuttosto sensibili all'alterazione superficiale; in questi litotipi, la dominante granulometria fine della roccia determina la formazione di prodotti residuali di tipo siltoso-argilloso che tendono ad avere permeabilità molto bassa; anche la roccia inalterata è caratterizzata da bassa permeabilità, per cui l'orizzonte di alterazione superficiale non si estende a grande profondità.

Tipicamente, quindi, la coltre detritico-colluviale che si origina da questi litotipi ha, sui versanti e nelle zone di cresta, uno spessore esiguo, inferiore a 1 m; negli impluvi e al piede dei versanti, processi di dissesto superficiale (colamenti, soliflussi, *mud flow*, ecc.) possono accumulare spessori di materiale detritico più consistenti (da 3 a 6 m).

Nell'area di studio, il detrito di versante è costituito da limi argillosi localmente sabbiosi, inglobanti elementi litoidi da centimetrici a pluridecimetrici costituiti da frammenti riferibili al substrato cristallino; sulla base delle osservazioni effettuate in sito lo spessore medio di questi depositi può essere cautelativamente valutato in circa 1-3 m; solo localmente può raggiungere spessori sensibilmente maggiori (5-8 m).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 31 di 217

6.2. Caratterizzazione e modellazione geotecnica

Ai fini della caratterizzazione geotecnica/geomeccanica dei metabasalti sono stati elaborati i risultati derivanti sia dai sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza della WBS in esame sia da quelli realizzati nel territorio appartenente alla WBS NV01 in fase di progetto definitivo:

Sondaggio	Fase progettuale
SF-11	PD
SL-32	PD
SL-33	PD
SL-34	PD
SL-47B	PD
L5-S04	PE
L5-S10	PE

Tabella 2. Sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza dei Metabasalti

Tali sondaggi sono stati inoltre integrati mediante i risultati ottenuti nell'ambito delle prove di laboratorio condotte presso la Sezione di Torino dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geingegneria (IGAG-CNR), nel periodo aprile 2004-marzo 2005.

I Metabasalti rinvenuti hanno colore verdastro e violaceo, tessitura microcristallina, durezza medio-alta, struttura prevalentemente omogenea, localmente brecciata e zonata. La roccia si presenta abbastanza compatta, con alcune fratture che presentano inclinazione variabile da pochi gradi a subverticali, da ondulate a irregolari. Le fratture sono da moderatamente ravvicinate a ravvicinate, prevalentemente chiuse-beanti, da ondulate a irregolari. Si evidenzia tuttavia la presenza di livelli metrici più fratturati e alterati con roccia parzialmente destrutturata.

Si sono analizzate inoltre le ricostruzioni stratigrafiche e geomeccaniche dei sondaggi SA e SB, eseguiti nella campagna integrativa di PE. Per i dettagli si veda quanto contenuto nel documento di PE "NUOVA VIABILITA' TRATTA VIA ERZELLI VIA BORZOLI - GEOLOGIA E GEOTECNICA - FASCICOLO INDAGINI GEOGNOSTICHE".

E' stato ricostruito l'indice GSI (vedi tabelle di seguito), il quale ha evidenziato 3 gruppi di valori ben distinguibili.

In particolare, nel sondaggio SA si ottengono valori di GSI pari a 60.5 e 57 in corrispondenza dell'ammasso poco fratturato, e un valore inferiore a 30, nel tratto con RQD molto bassi e prossimi allo 0 (associati alle zone intensamente fratturate e cataclate).

Il sondaggio SB, che ricade nel secondo macro tratto, non ha evidenziato la presenza di materiali appartenente al gruppo 3. Risultano evidenti, invece, passaggi da materiali mediamente fratturati a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 32 di 217

materiali poco fratturati, ben distinti dai valori di RQD. Si individua un limite di recupero percentuale di carota intorno al 50%-60% sopra il quale l'aspetto del materiale appare più integro e riconducibile al gruppo geomeccanico 1, già ritrovato nel sondaggio SA. Al di sotto di tale valore si ottengono valori di GSI variabili da 35 a 50, che sono proprio di un'ammasso da mediamente a molto fratturato. Da ora definito gruppo geomeccanico 2.

SA

Profondità [m]	25-30	30-35	35-45
SIGMAc [Mpa]	36,76	3,14	62
R1	4,5	1	6
RQD * [%]	90	10	65
R2	18	4	13
SPAZIATURA [cm]	5-50		5-50
R3	8	5	8
DISCONTINUITA'			
R4	20	7	20
ACQUA *			
R5	15	15	15
RMR base	65,5	32	62
GSI	60,5	27	57

SB

Profondità [m]	30-50	30-50
SIGMAc [Mpa]	30	25
R1	4	3,5
RQD * [%]	55	45
R2	11	9
SPAZIATURA [cm]	5-50	5-50
R3	8	8
DISCONTINUITA'		
R4	20	7
ACQUA *		
R5	15	15
RMR base	58	42,5
GSI	53	37,5

Risultati analoghi sono desumibili dalla campagna geognostica di progetto definitivo, come brevemente riportato di seguito (sondaggio SL-32 orizzontale – SL-33 verticale).

Dall'esame dei log stratigrafici relativi alle verticali di indagine sopra menzionate, è dunque possibile stimare un range di GSI (derivato tramite la correlazione con il BRMR - $GSI = BRMR - 5$) compreso fra **40-60**, riconducibile, rispettivamente alla condizione d'ammasso fratturata/alterata e compatta rilevate nell'ambito dei sondaggi geognostici condotti.

Sondaggio SL32 - orizzontale			Sondaggio SL33		
Profondità [m]	0-35	0-35	Profondità [m]	40-60	40-60
SIGMAc [Mpa]	31	20	SIGMAc [Mpa]	60	30
R1	4	3	R1	6,2	4
RQD * [%]	50	30	RQD * [%]	90	80
R2	10	6,5	R2	18	6,5
SPAZIATURA [cm]	6-10	6-10	SPAZIATURA [cm]	20	12
R3	7	7	R3	8	7
DISCONTINUITA'			DISCONTINUITA'		
R4	15	7	R4	21	7
ACQUA *			ACQUA *		
R5	15	15	R5	15	15
RMR base	51	38,5	RMR base	68,2	39,5
GSI	46	33,5	GSI	63,2	34,5

6.2.1. Caratteristiche fisiche

Si riporta in Figura 7 la distribuzione dei valori del peso di volume con la profondità di prelievo del campione. Si evidenzia una discreta omogeneità della distribuzione caratterizzata da un valor medio pari a 28.2 kN/m^3 (con scarto quadratico medio percentualmente molto basso $\cong 3\%$). Non si rileva correlazione del dato con la profondità.

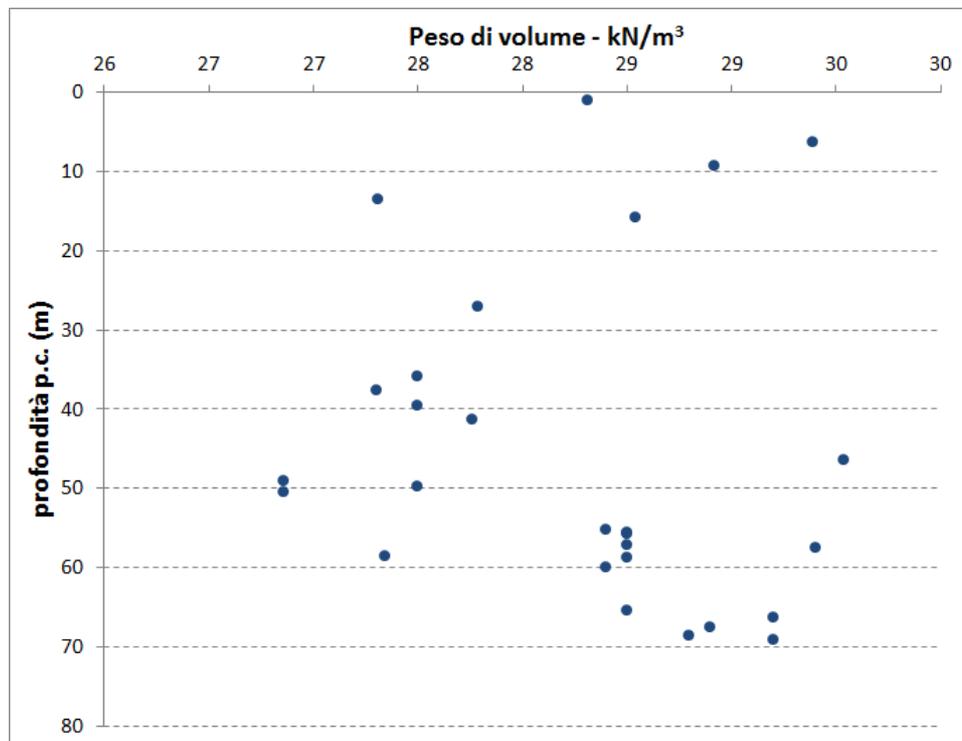


Figura 7. Distribuzione del peso di volume con la profondità

6.2.2. Caratteristiche meccaniche

Nella tabella seguente si riportano i risultati essenziali relativi alle prove di laboratorio condotte presso la Sezione di Torino dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG-CNR), nel periodo aprile 2004-marzo 2005.

VELOCITA' ONDE ELASTICHE					COMPRESSIONE SEMPLICE (UCS)						BTS
V.O.E.P (m/s)	V.O.E.T (m/s)	Edin (MPa)	Gdin (MPa)	vdin (-)	σ_c (MPa)	Es (MPa)	vs (-)	Et (MPa)	v (-)	Ed (MPa)	σ_t (MPa)
4556	2847	54198	22996	0.177	44.08	43526	0.113	42519	0.17	251605	10.69

Tabella 3. Esito Prove di laboratorio geomeccanico - sondaggio SF11 – PD (2004-2005)

Il grafico che segue mostra la distribuzione delle resistenze a compressione monoassiale derivate da prove di compressione semplice in laboratorio e dall'elaborazione dei risultati dei Test di Point Load Strenght condotti su provini e carote relativi ai sondaggi SL32, SL33, SL34 e SL47B.

La distribuzione di valori è compresa in un range molto ampio 5 - 70/80 MPa. Il valor medio si colloca nell'intervallo 20-25 MPa. Valori localmente superiori si rilevano a profondità comprese fra i 30 e 50 m.

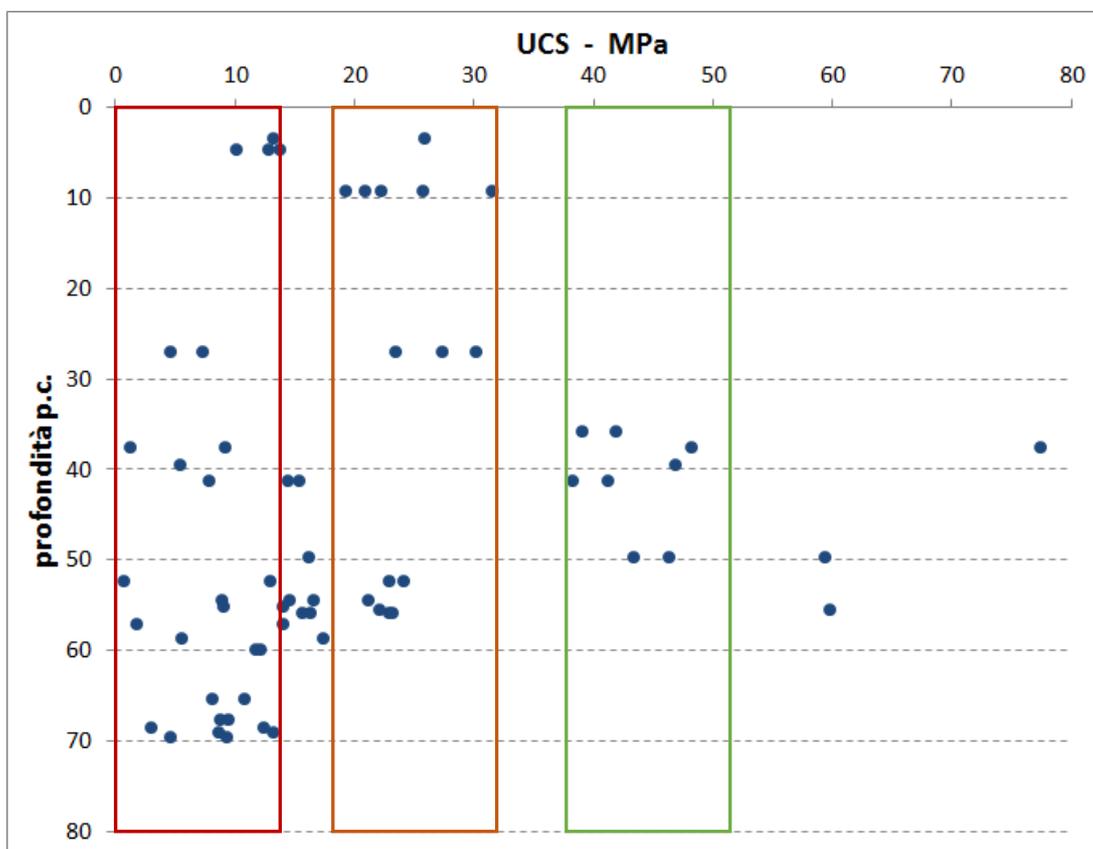


Figura 8. Distribuzione dell'UCS con la profondità

I risultati ottenuti, confrontati con la profondità di prova, nonché con la descrizione del sondaggio, evidenziano i seguenti aspetti:

- Gruppo 1: Il basalto sano o poco fratturato risulta caratterizzato da valori di resistenza mediamente compresi tra i 40 e i 50 MPa, sebbene siano stati ottenuti valori anche molto superiori. Il comportamento a rottura è governato dalle macro scistosità presenti.
- Gruppo 2: Nei tratti caratterizzati da fratturazione da media a elevata, mostrano una notevole dispersione di risultati, non essendo facilmente individuabile il limite inferiore del gruppo, che spesso può essere confuso con zone fagliate o fortemente fratturate. In generale, risultano comunque individuabili valori compresi tra 20 MPa e 30 MPa.
- Gruppo 3: In tale gruppo si evidenzia una forte dispersione di valori; si raggiungono limiti inferiori di 1-3 MPa anche se mediamente si ottengono resistenze superiori ai 10 MPa.

Si riporta nel grafico seguente la distribuzione di valori dei parametri di deformabilità ottenuti secondo le metodologie:

- correlazione con il modulo della roccia intatta E_i secondo Hoek et Diederichs(2006). Si è considerato un valore dell'indice MR da letteratura pari a 350 e GSI medio pari a 40;
- modulo elastico ricavato dalle prove dilatometriche.

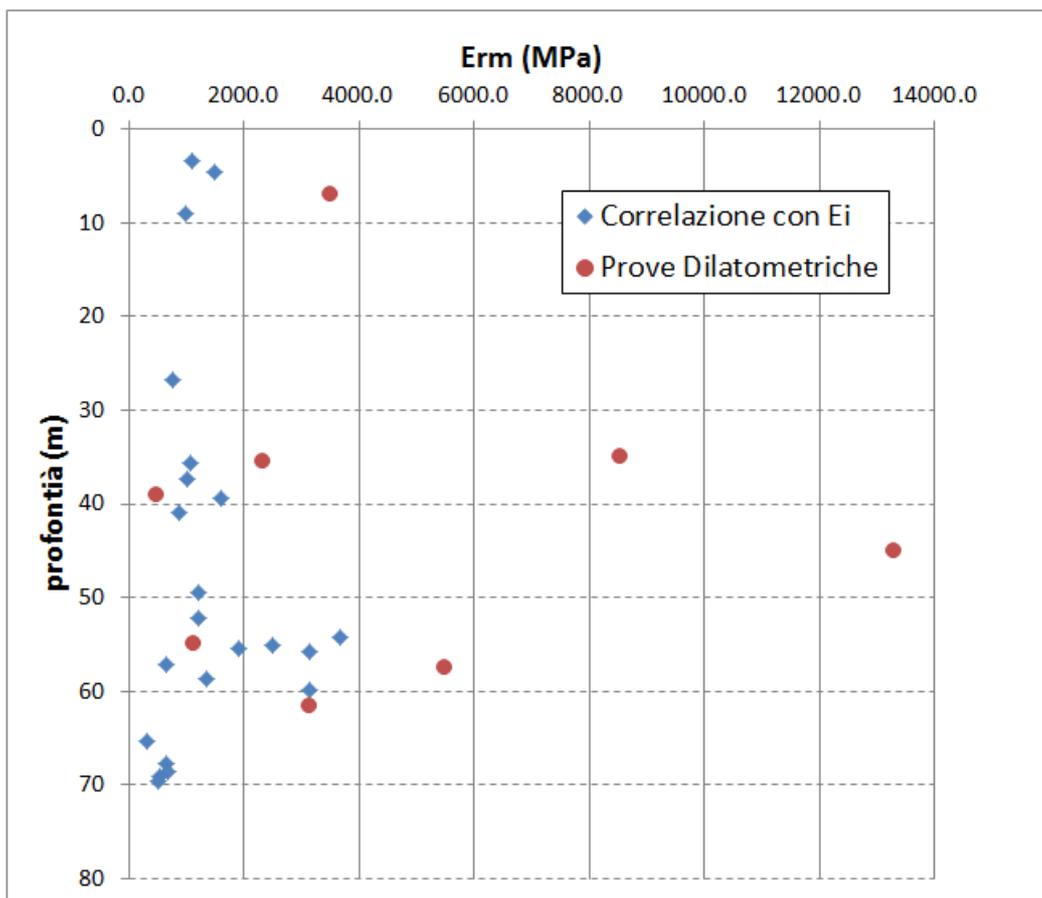


Figura 9. Distribuzione dei parametri di deformabilità con la profondità

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 36 di 217

In fase di progetto esecutivo sono state inoltre realizzate prove dilatometriche ad elevate profondità, che hanno restituito i seguenti valori:

- $z_m = 350 \text{ m}$, $E = 13577 \text{ MPa}$;
- $z_m = 365 \text{ m}$, $E = 10215 \text{ MPa}$.

Si rilevano dei valori del modulo elastico d'ammasso variabili tra i 500 e 14000 MPa, con valori medi che si attestano intorno ai 2000 MPa e significativi dell'ammasso in normale stato di fratturazione. Valori sensibilmente più alti invece si rilevano per la frazione più compatta della formazione in esame.

6.2.3. Parametri geomeccanici di calcolo

Si riporta nella tabella che segue la caratterizzazione geomeccanica dei metabasalti: è proposta la suddivisione della formazione in tre gruppi geo-meccanici, rappresentativi delle condizioni d'ammasso valutate sulla base delle verticali di indagine disponibile, ovvero dello stato fratturato/alterato e compatto. I parametri geotecnici/geomeccanici di calcolo adottati sono definiti nella descrizione dei dati di input delle singole analisi condotte. Un valore di disturbo nullo può essere valutato per la definizione della resistenza di picco del materiale, per converso $D = 0.3$ può essere considerata rappresentativo della capacità resistente dell'ammasso roccioso in condizioni residue.

Formazione	γ [kN/m ³]	u [-]	UCS [MPa]	σ_t [MPa]	m_i [-]	GSI [-]	E_{RM} [GPa]	D [-]
B' – compatto	28	0.25	40	10	20÷30	50÷60	5÷10	0.0 ÷0.3
B' – fratturato	27÷28	0.30	20-25	8	20÷30	40÷50	1.2÷3.0	0.0 ÷0.3
B' – molto fratturato	24÷26	0.30	3÷15	1÷5	19	20÷30	0.6÷1.2	0.0 ÷0.3

Tabella 4. Formazione dei Metabasalti: parametri di calcolo con criterio di rottura di Hoek-Brown

Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, qualora utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002); la profondità considerata per la linearizzazione è indicata in tabella seguente.

Formazione	H [m]	γ [kN/m ³]	u [-]	c'_p [kPa]	c'_r [kPa]	ϕ'_p [°]	ϕ'_r [°]	E_{RM} [GPa]
B' – compatto	410	28	0.25	1680÷1955	1500÷1785	35.0÷40.0	35.0÷40.0	5÷10
B' – fratturato	410	27÷28	0.30	1130÷1420	985÷1275	35.0÷40.0	35.0÷40.0	1.2÷3.0
B' – molto fratturato	410	24÷26	0.30	375÷855	300÷725	18.0÷30.0	15.0÷27.0	0.6÷1.2

Tabella 5. Formazione dei Metabasalti: parametri di calcolo con criterio di rottura di Mohr-Coulomb

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 37 di 217

6.3. Analisi delle criticità lungo il tracciato

Il presente paragrafo evidenzia le criticità relative allo scavo delle opere afferenti alla WBS GN2R, sia dovute a fattori geomeccanici, che a interferenze con con opere preesistenti o di successiva realizzazione. Lo lunghezza del pozzo è di 400 m circa, corrispondente alla copertura che caratterizza lo scavo del by-pass e delle cabine di collegamento. La formazione geologica attraversata dagli scavi è riconducibile ai Metabasalti del Monte Figogna.

6.3.1. Scavo in metabasalti a medie-alte coperture

I Metabasalti del Monte Figogna presentano un grado di fratturazione al di fuori delle zone di faglia che può variare da medio ad alto. Non sono previste faglie principali potenzialmente in grado di intercettare l'asse del pozzo o dei cunicoli; tuttavia il sondaggio L5-S04 ha messo in evidenza la presenza di zone fortemente fratturate a diversi livelli stratigrafici. Questi piani possono essere associati allo sviluppo di fasce cataclastiche, ma limitate a spessore da centimetrico a pluridecimetrico.

Il reticolo di fratture è generalmente piuttosto permeabile tanto che le conducibilità idrauliche stimate per l'ammasso roccioso variano da 1×10^{-6} a 1×10^{-7} m/s al di fuori delle zone di faglia; nelle fasce cataclastiche le conducibilità idrauliche ipotizzabili sono dell'ordine dei $1 \times 10^{-4}/1 \times 10^{-7}$ m/s. È quindi da attendersi che lungo lo sviluppo dell'opera l'ammasso roccioso presenti mediamente delle conducibilità idrauliche relativamente elevate per un contesto di scavi in roccia.

Circa la stima afflussi durante lo scavo è necessario tenere conto che il pozzo sarà una delle ultime opere realizzate nell'area e quindi in presenza di gallerie drenanti (Bretella di Voltri, e gallerie della interconnessioni) è ipotizzabile che il carico idraulico lungo l'opera sarà considerevolmente inferiore. E' quindi fortemente probabile che per un lungo tratto del suo sviluppo a partire dalla superficie esso non intercetterà l'ammasso roccioso saturo. Si può stimare che, ove si dovessero verificare delle venute, esse potrebbero iniziare a comparire intorno a quote di circa 100 m al di sopra della base del pozzo. Con il procedere degli scavi verso il basso la zona di venute si localizzerebbe presumibilmente sempre alla base del pozzo, lasciando perlopiù priva di venute la parte soprastante. L'entità complessiva delle venute alla base del pozzo, è stimabile nell'ordine di qualche litro per secondo, tendenzialmente compresi tra $0.4 \div 2$ l/s per 10 m di galleria (classe 3).

Una stima dettagliata del carico idraulico nel lungo termine non può essere fornita, date le numerose incognite. Un abbattimento totale della piezometrica alla quota delle gallerie drenanti e quindi anche alla quota della base del pozzo è anche possibile.

Criticità dovute a fattori geomeccanici		
Tipo criticità	Descrizione	Azioni
afflussi in fase di scavo	afflussi in galleria dell'ordine di qualche l/s	nessuna azione, gestione afflussi con attrezzatura di cantiere ordinaria
battente idraulico nel lungo termine	stima incerta	disposizione impermeabilizzazione con funzione drenante + analisi numeriche con applicazione carico idraulico

Sono elencate di seguito le criticità dovute a interferenze lungo il tracciato:

- alla pk 0+402 B.D.i ca. lo scavo del tratto terminale pozzo e della cabina di collegamento procede in prossimità alla sezione Tipo 2 del camerone RFI; la distanza minima tra l'estradosso dei rivestimenti è minore di 0.50 m (Interferenza 1 in Figura 10);
- alla pk 0+185 B.P.i ca. lo scavo del by-pass di collegamento tra il pozzo e il binario pari della interconnessione sopra-attra-versa la sezione Tipo 2 del camerone RFI; la distanza minima tra l'estradosso dei rivestimenti è di 8 m ca. (Interferenza 2 in Figura 10).

Si precisa che lo scavo del camerone lato binario pari è antecedente a quello della GN2R e che in corrispondenza della interferenza i rivestimenti definitivi del camerone sono previsti armati in piedritto e arco rovescio con almeno $\phi 16/20$ e $\phi 20/20$ rispettivamente.

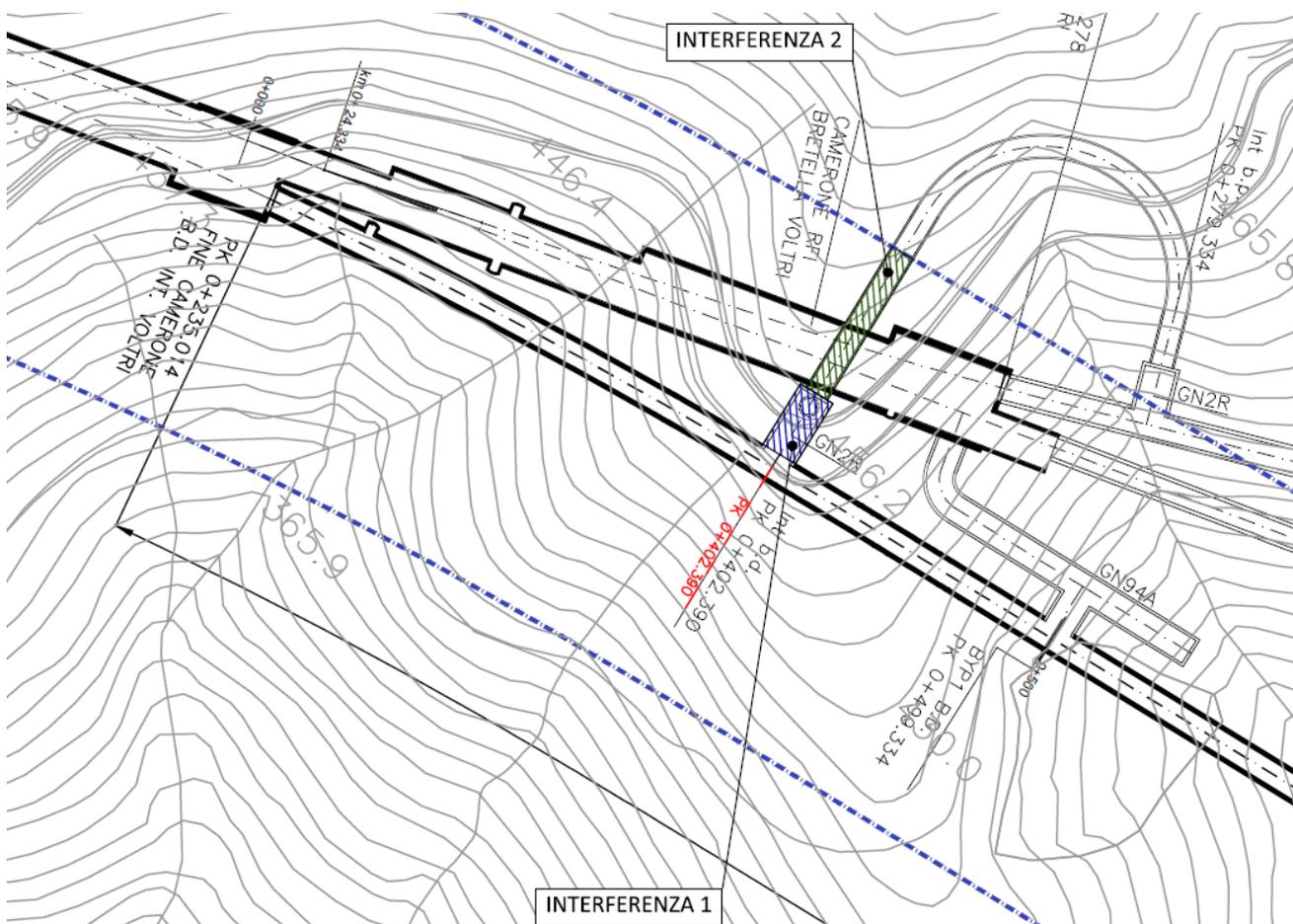


Figura 10. Dettaglio interferenze con opere in sotterraneo

Criticità dovute a interferenze e a significative modifiche della sezione di scavo		
Tipo criticità	Descrizione	Azioni
interferenza preesistenza	scavo pozzo e cabina lato b.d. in adiacenza a camerone di collegamento linea storica, con distanza rivestimenti di 0.50 m	metodo di scavo a basso impatto vibrazionale
interferenza locale preesistenza	sopra-attra-versamento camerone di collegamento linea storica durante lo scavo del by-pass di collegamento con distanza minima rivestimenti di 8.00 m	metodo di scavo a basso impatto vibrazionale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 39 di 217

6.3.2. Scavo in metabasalti a basse coperture

Lo scavo del pozzo potrebbe interessare nei primi metri lo strato di coltre superficiale rimanente a seguito dello scavo di sbancamento preliminare. Il sondaggio L5-S10 ha messo in evidenza che l'ammasso è fortemente fratturato per circa 10 m, con frequenti fratture riempite di materiale limoso; è possibile che in questo settore superficiale l'ammasso roccioso più detensionato presenti delle conducibilità idrauliche superiori a 1×10^{-6} m/s.

Non si prevede che possano esistere significativi acquiferi in depositi quaternari nella parte alta della zona interessata dagli scavi. E' inoltre quindi fortemente probabile che per un lungo tratto del suo sviluppo a partire dalla superficie il pozzo non intercetterà l'ammasso roccioso saturo, per la presenza di gallerie drenanti (Bretella di Voltri, e gallerie della interconnessioni).

Criticità dovute a fattori geomeccanici		
Tipo criticità	Descrizione	Azioni
alto grado di fratturazione ammasso	fino a 15 m da piano di scavo possibile presenza di un livello di coltre e ammasso fortemente fratturato	intervento di consolidamento da p.c.

Nel tratto di pozzo scavato a basse coperture non si evidenziano criticità dovute a interferenze di superficie.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 40 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 40 di 217
Foglio 40 di 217		

7. FASE DI DIAGNOSI: COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ALLO SCAVO

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente indisturbato, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale redistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e già oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella naturale, dando luogo a fenomeni deformativi.

Sulla base delle conoscenze dei terreni interessati dalle gallerie, è possibile, elaborando anche le esperienze maturate in lavori analoghi, svolgere delle previsioni sul comportamento dei terreni allo scavo, necessarie alla definizione degli interventi di stabilizzazione e degli schemi di avanzamento.

Queste previsioni sono strettamente connesse con lo studio dello stato tenso-deformativo instauratosi nell'ammasso al contorno della galleria e indotto dalle operazioni di scavo.

La previsione delle modalità di avanzamento in sotterraneo è stata principalmente condotta secondo l'approccio del "Metodo per l'Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli (ADECO-RS)". Sulla base dei dati raccolti in fase di studio geologico e di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi da attraversare, sono state effettuate le previsioni di comportamento tenso-deformativo della galleria in assenza di interventi, ed in particolare modo la previsione sul "comportamento deformativo del fronte di scavo", il quale riveste notevole importanza nella definizione delle condizioni di stabilità, a breve e lungo termine, e degli interventi più idonei per garantirle. Il comportamento del fronte è principalmente condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- il comportamento del materiale nel breve e lungo termine: rigonfiamento, squeezing, fluage e rilasci tensionali;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento e la tipologia dello scavo.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: "stabile", "stabile a breve termine" e "instabile", come di seguito brevemente illustrato.

Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Se il fronte di scavo è stabile, ciò significa che lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo prevalentemente in campo elastico) e quindi non

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 41 di 217

si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento. Saranno sufficienti, nel breve termine, interventi di confinamento delle pareti di scavo, e nel lungo termine, la realizzazione del rivestimento definitivo.

Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che assume un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con tale redistribuzione delle tensioni sono più accentuati che nel caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna. Questa decompressione deve essere opportunamente regimata, nel breve termine, mediante adeguati interventi di preconsolidamento al fronte (e talora al contorno del cavo), in grado di contenere l'ammasso e condurlo verso condizioni di stabilità; diversamente lo stato tenso-deformativo può evolvere verso condizioni di instabilità del cavo. Il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati, più rilevanti e si manifestano prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento che consentiranno di creare artificialmente quell'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile nel breve termine e, con l'aggiunta del rivestimento definitivo, anche nel lungo termine.

7.1. Cabine e by-pass di collegamento

Nel seguito sono presentati i risultati delle analisi previste in fase di diagnosi per lo scavo o delle cabine e del by-pass di collegamento. Le analisi sono condotte tramite il metodo delle curve caratteristiche e tramite metodi analitici per la valutazione della stabilità del fronte (vedi descrizione dei metodi di analisi al § 5).

Le analisi sono condotte in riferimento a una copertura al piano dei centri di 410 m e valori massimi dei parametri geomeccanici compresi nel range di variabilità del gruppo GR2, definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna e corrispondente a condizioni di ammasso fratturato. Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002) alla profondità di 410 m. Il valore dell'angolo di attrito è cautelativamente limitato a 35°

7.1.1. Analisi di stabilità del fronte di scavo

Nel seguito sono riepilogati i risultati ottenuti in termini di fattore di sicurezza per i tre metodi considerati (Tamez & Cornejo, 1985; Broms & Bennemark, 1967; tasso di deconfinamento critico di Panet, 1990). Le analisi sono state condotte assumendo uno sfondo di lunghezza pari a 1.0 m.

ANALISI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI - Tamez & Cornejo							
Analisi	Opera (-)	Copertura (m)	D_{eq} (m)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)	FSF
AN1	By-pass	406.0	8.00	27.0	1420.0	35.0	3.31
AN2	Cabina	406.0	10.80	27.0	1420.0	35.0	3.48

Tabella 6. Riepilogo analisi di stabilità fase di diagnosi: metodo di Tamez & Cornejo

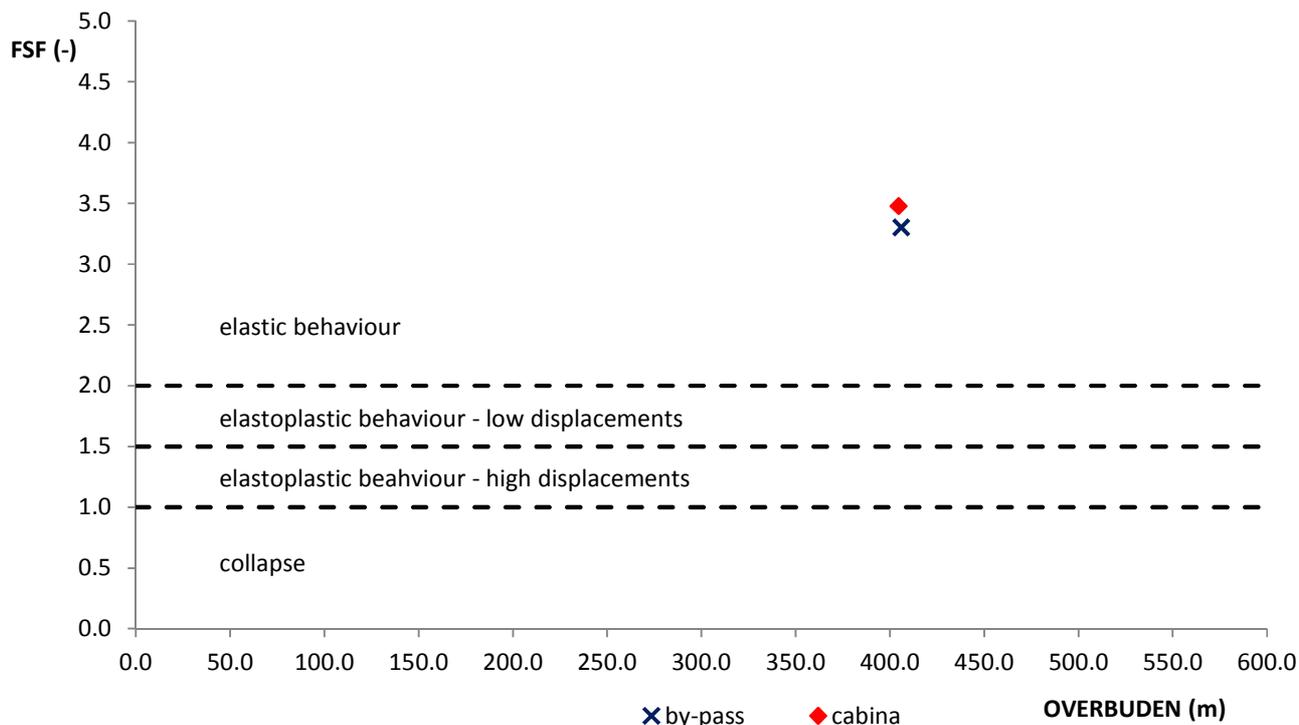


Figura 4. Riepilogo grafico analisi di stabilità fase di diagnosi: metodo di Tamez & Cornejo.

ANALISI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI DIAGNOSI - Broms & Bennermark e Panet									
Analisi	Opera (-)	Copertura (m)	z_0 (m)	γ (kN/m ³)	GSI (-)	σ_{ci} (MPa)	m_i	Stability Ratio	λ_e
AN1	by-pass	406	410.00	27	50	25 000	25.0	1.86	0.80
AN2	cabina	404.6	410.00	27	50	25 000	25.0	1.86	0.80

Tabella 7. Riepilogo analisi di stabilità fase di diagnosi: metodo di Broms & Bennermark

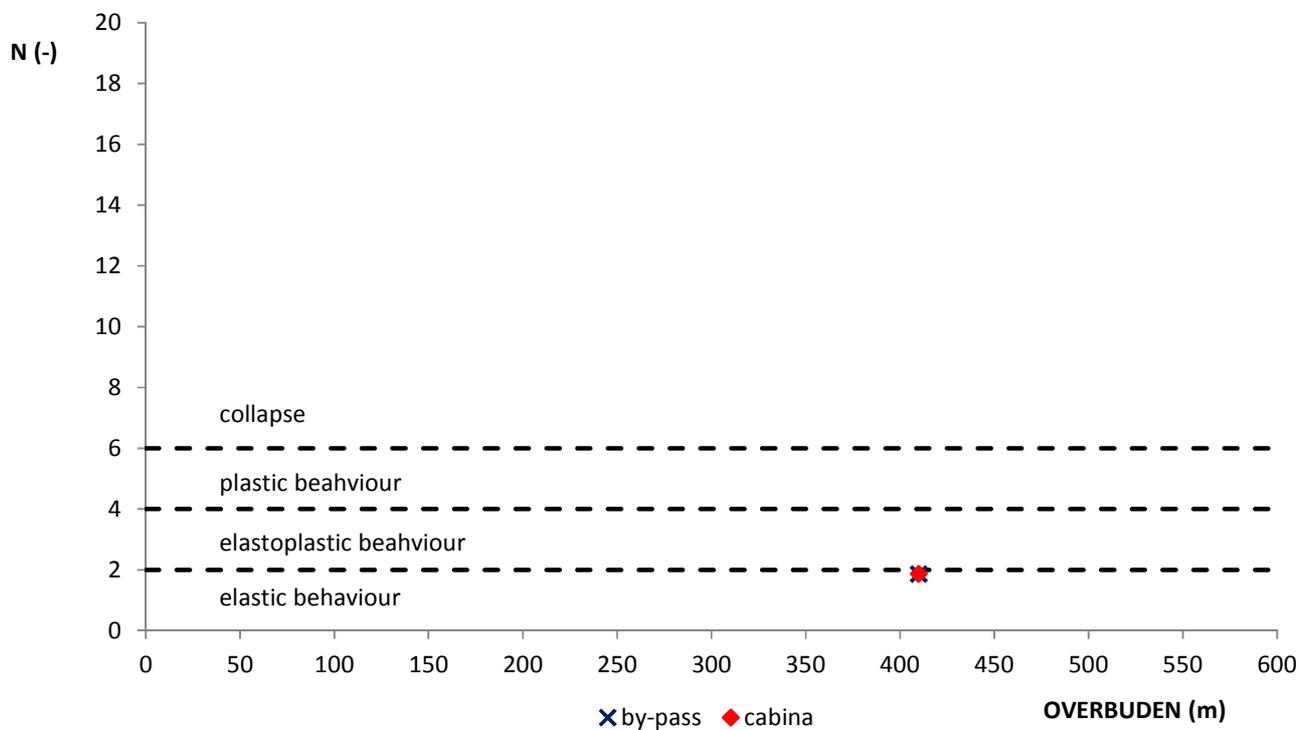


Tabella 8. Riepilogo grafico analisi di stabilità fase di diagnosi: metodo di Broms & Bennermark

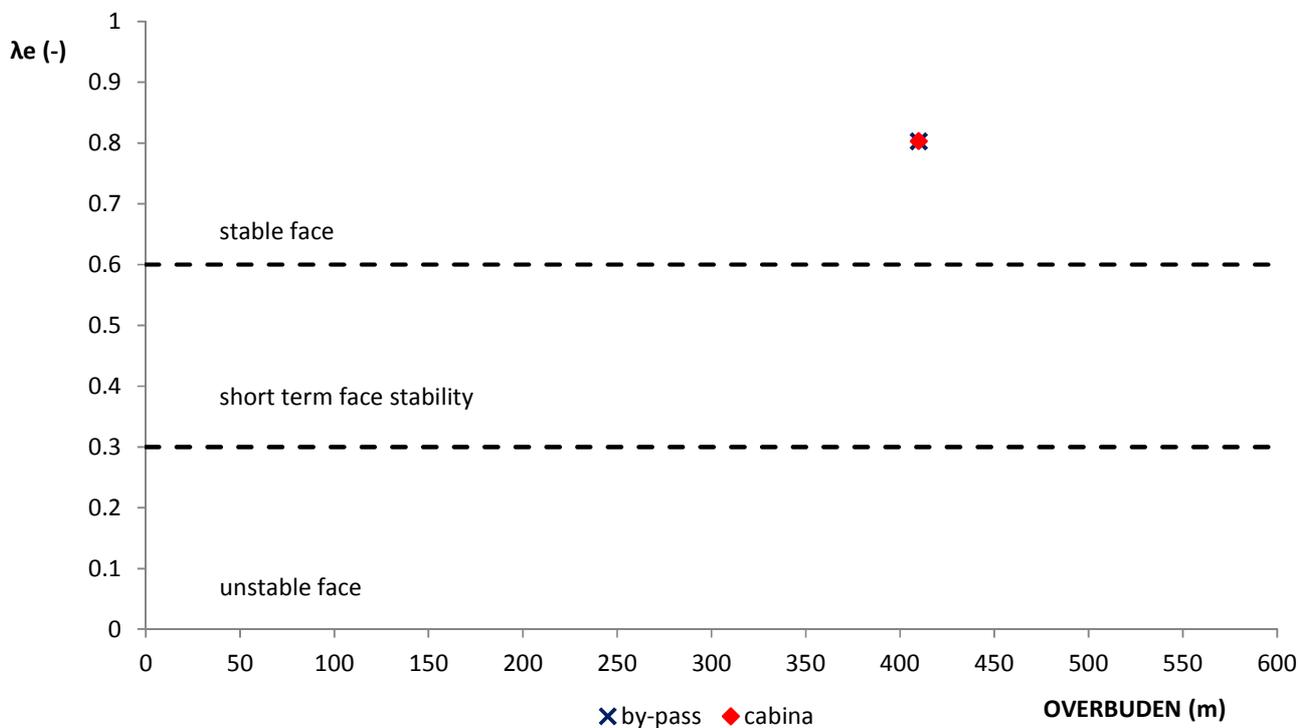


Tabella 9. Riepilogo grafico analisi di stabilità fase di diagnosi: metodo di Panet

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 44 di 217

7.1.2. Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

In Tabella 10 sono sintetizzati i risultati ottenuti dall'applicazione del metodo delle linee caratteristiche.

RISULTATI ANALISI LC - FASE DI DIAGNOSI											
Opera (-)	H (m)	R _m (m)	H/D _m (-)	U _{rad} (cm)	R _{pl} (m)	R _{pl} /R _m (-)	U _{fronte} (cm)	U _{fronte} /R _m (-)	R _{pl,fronte} (m)	R _{pl,fronte} /R _m (-)	Comp. (-)
by-pass	410	4.00	51.3	3.6	6.17	1.54	1.43	0.36%	4.79	1.20	A-B
cabina	410	5.40	38.0	4.8	8.3	1.54	1.9	0.36%	6.46	1.20	A-B

Tabella 10. Fase di diagnosi: risultati dell'analisi tramite il metodo delle linee caratteristiche

dove:

- H = copertura rispetto al piano dei centri;
- R_m = raggio di scavo;
- D_m = diametro di scavo;
- U_{rad} = spostamento radiale del cavo, a grande distanza dal fronte;
- U_{fronte} = spostamento radiale del cavo al fronte (preconvergenza);
- R_{pl} = raggio plastico del cavo, a grande distanza dal fronte
- R_{pl,fronte} = raggio plastico al fronte

7.2. Pozzo di aereazione

Nel seguito sono presentati i risultati delle analisi previste in fase di diagnosi per lo scavo del pozzo di areazione. Le analisi sono condotte tramite il metodo delle curve caratteristiche (vedi descrizione del metodi di analisi al § 5). Le analisi sono condotte in riferimento a una copertura al piano dei centri di 410 m e valori massimi dei parametri geomeccanici compresi nel range di variabilità del gruppo GR2, definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna e corrispondente a condizioni di ammasso fratturato. Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002) alla profondità di 410 m. Il valore dell'angolo di attrito è cautelativamente limitato a 35°

7.2.1. Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

In Tabella 11 sono sintetizzati i risultati ottenuti dall'applicazione del metodo delle linee caratteristiche.

RISULTATI ANALISI LC - FASE DI DIAGNOSI											
Formazione (-)	H (m)	R _m (m)	H/D _m (-)	U _{rad} (m)	R _{pl} (m)	R _{pl} /R _m (-)	U _{fronte} (m)	U _{fronte} /R _m (-)	R _{pl,fronte} (m)	R _{pl,fronte} /R _m (-)	Comp. (-)
B' fratturati	390	3.00	65	2.2	4.3	1.45	0.91	0.30%	3.50	1.17	A-B

Tabella 11. Fase di diagnosi: risultati dell'analisi tramite il metodo delle linee caratteristiche

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 45 di 217

7.3. Considerazioni conclusive in fase di diagnosi

Cabina di collegamento e by-pass di collegamento

Ai fini dello studio del comportamento dell'ammasso in fase di diagnosi sono state svolte analisi per coperture di 410 m rispetto al piano dei centri, assegnando all'ammasso i parametri meccanici massimi nel range di variazione relativo a condizioni poco fratturate.

Sulla base dei risultati delle analisi di stabilità condotte, secondo le formulazione di Tamez & Cornejo, di Broms & Bennermark e di Panet, il fronte ha un comportamento di tipo stabile con associate deformazioni elastiche.

Le analisi condotte applicando il metodo delle linee caratteristiche hanno evidenziato un comportamento allo scavo di tipo "a fronte stabile, stabile a breve termine" (categoria A-B). Lo spostamento radiale al fronte è molto limitato (inferiore a 2 cm), mentre lo spostamento radiale del cavo, a grande distanza dal fronte, è inferiore a 4 ÷ 5 cm ca. I fenomeni di plasticizzazione attorno al cavo, a grande distanza dal fronte, sono limitati a circa 1.20 volte il raggio di scavo.

Si ritiene necessario pertanto in fase di scavo delle cabine e del by-pass di collegamento operare un adeguato confinamento delle pareti dello scavo, tramite interventi di contenimento.

Pozzo di aereazione

Le analisi con il metodo delle linee caratteristiche, condotte in assenza di interventi, mostrano un comportamento del cavo di tipo "stabile-stabile a breve termine" in presenza del del gruppo GR2, definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Ficogna (B') e corrispondente alla condizione di ammasso fratturato; lo spessore della fascia plastica al cavo è pari a circa 1/3 del raggio di scavo, mentre gli spostamenti del cavo sono prossimi a 2 cm.

Dalle analisi svolte risulta necessario operare unicamente un adeguato confinamento delle pareti dello scavo e contrastare tempestivamente i fenomeni deformativi del cavo mediante l'utilizzo di sistemi di contenimento di adeguata rigidità.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1546 315"> <tr> <td>Foglio 46 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 46 di 217
Foglio 46 di 217		

8. FASE DI TERAPIA: DEFINIZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

Sulla base delle analisi condotte nella fase di diagnosi, si presentano gli aspetti che hanno guidato la definizione degli interventi, allo scopo di garantire condizioni di stabilità del fronte e del cavo. Si descrivono le sezioni tipo di avanzamento e i criteri di applicazioni delle sezioni.

8.1. Tipologie di intervento in fase costruttiva

Nei capitoli precedenti sono stati definiti tre tipi di comportamento d'ammasso allo scavo che prevedono l'impiego di opportuni interventi, scelti in base alle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi interessati dagli scavi, determinando così la scelta delle sezioni tipo più adatte.

CASO A) fronte stabile:

I fenomeni deformativi avvengono in campo elastico; il materiale ha comportamento di tipo lapideo per cui si possono ipotizzare locali fenomeni di instabilità al contorno riconducibili per lo più al distacco gravitativo di blocchi o volumi rocciosi, individuati dall'intreccio di superfici di discontinuità preesistenti nell'ammasso oppure create dai fenomeni di distensione prodotti dalle modalità di scavo. Il probabile comportamento allo scavo tipo A, "a fronte stabile", consente di prevedere, quali interventi di prima fase, interventi di solo contenimento del cavo, quale la realizzazione di uno strato di spritz-beton a seguito della messa in opera di bulloni radiali o centine, in funzione del grado di discontinuità dell'ammasso. I carichi gravanti sulla struttura in questi contesti geomeccanici sono prevalentemente di tipo gravitativo, funzione della frequenza dei giunti e delle fratture ed in particolare modo della resistenza al taglio delle superfici di discontinuità. Il rilascio di tali solidi di carico, in categorie di comportamento tipo A, non avviene generalmente all'apertura del cavo, bensì in un secondo tempo quale conseguenza del richiamo di umidità al contorno dello scavo, della circolazione d'acqua nelle fratture, dall'alterazione della roccia a contatto con gli agenti atmosferici, nonché dalle sollecitazioni dinamiche conseguenti alle vibrazioni prodotte durante le operazioni di scavo con esplosivo.

E' pertanto opportuno stabilizzare i suddetti cunei mediante la messa in opera di bulloni metallici radiali di tipo passivo, ad ancoraggio puntuale in presenza di modesti gradi di separazione d'ammasso, o ad ancoraggio continuo per gradi di separazione maggiori, e realizzare un guscio di spritz-beton a protezione della superficie di scavo ed a contenimento del cavo.

CASO B) fronte stabile a breve termine:

Si possono ipotizzare fenomeni di instabilità più o meno diffusi al contorno del cavo, dovuti alla plasticizzazione dell'ammasso roccioso e conseguenti fenomeni deformativi (convergenze radiali) di ordine centimetrico.

Tali deformazioni, se non regimate mediante opportuni e tempestivi interventi di preconsolidamento e/o di consolidamento, possono innescare decompressioni progressivamente crescenti all'interno dell'ammasso roccioso, sviluppando di conseguenza carichi maggiori sia nel breve termine che nel lungo termine.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 47 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 47 di 217
Foglio 47 di 217		

Come interventi di preconsolidamento si possono utilizzare:

- chiodi in vetroresina al fronte per aumentare le caratteristiche di resistenza del nucleo;
- drenaggi al contorno in caso di presenza d'acqua per lo scarico delle pressioni interstiziali.

Gli interventi di consolidamento lungo la cavità consistono principalmente in:

- prerivestimento costituito da spritz-beton;
- centine metalliche.

Questi interventi di preconsolidamento e consolidamento concorreranno a formare diverse sezioni tipo (descritte in seguito) che si differenziano tra di loro in funzione delle formazioni geologiche incontrate.

8.2. Descrizione degli interventi previsti e delle fasi costruttive

Nel seguito si riportano gli interventi previsti per le singole opere in progetto. Per la successione delle fasi esecutive delle singole opere maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici relativi.

8.2.1. Cabine di collegamento

Lo scavo delle cabine di collegamento è previsto in sezione B0, tramite:

- unità di scavo (sfondo) di lunghezza 1.2 m, con intervento di contenimento composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata e centine costituite da profilati tipo HEB 200 con passo $p = 1.20$ m;
- eventuale intervento di drenaggio in avanzamento composto da 2+2 dreni di lunghezza 30 m e sovrapposti di almeno 10 m.
- impermeabilizzazione tipo "0" costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo in calcestruzzo C 25/30 avente spessore minimo di 80 cm in arco rovescio e 90 cm in calotta.

Il getto dei rivestimenti definitivi può essere eseguito al termine della fase di scavo della cabina; non sono quindi prescritte distanze di getto dei rivesti del fronte durante gli scavi. In ogni caso i rivestimenti definitivi dovranno essere gettati anticipatamente allo scavo delle restanti opere comprese nella WBS GN2R.

L'applicazione della sezione tipo B0 sarà comunque valutato in conformità con il grado di fratturazione dell'ammasso, in conformità con quanto riportato nelle linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo. Per le sezioni in uscita dalle gallerie di interconnessione, dove l'ammasso può risultare detensionato dallo scavo già eseguito, è previsto un consolidamento in avanzamento della zona di calotta, al fine di evitare distacchi locali di roccia; tramite:

- n° 4 bulloni in VTR con lunghezza $4.0 \div 6.0$ m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 48 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 48 di 217
Foglio 48 di 217		

8.2.2. *By-pass di collegamento*

Lo scavo del by-pass di collegamento è previsto in sezione B0, tramite:

- unità di scavo (sfondo) di lunghezza 3.6 m, con intervento di contenimento composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata e centine costituite da profilati tipo HEA 160 con passo $p = 1.20$ m;
- eventuale intervento di drenaggio in avanzamento composto da 2+2 dreni di lunghezza 30 m e sovrapposti di almeno 10 m.
- secondo le condizioni idrauliche locali al contorno, applicazione della impermeabilizzazione tipo "0", costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC, o in alternativa tipo "1" con aggiunta di pannelli drenati;
- rivestimento definitivo in calcestruzzo C 25/30 avente spessore minimo di 70 cm in arco rovescio e 50 cm in calotta.

La distanza massima di getto delle murette e dell'arco rovescio deve essere minore rispettivamente di 9 e 12 diametri, mentre il rivestimento di calotta deve essere gettato a distanza non maggiore di 15 diametri

L'applicazione della sezione tipo B0 sarà comunque valutato in conformità con il grado di fratturazione dell'ammasso, in conformità con quanto riportato nelle linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo.

8.2.3. *Pozzo di aereazione*

Lo scavo del pozzo di areazione è previsto tramite:

- consolidamento da p.c. tramite tubi in VTR valvolati, secondo le geometrie di progetto per i primi 15 m di scavo.
- prerinvestimento fino al raggiungimento della quota di fondo scavo del pozzo composto da 10÷15 cm di spritz beton fibrorinforzato e:
 - conci metallici di rivestimento (o alternativamente da centina metallica) in sezione corrente, bullonati ogni 5 m; la bullonatura è intensificata in prossimità delle sezioni di allargio;
 - centina metallica HEA 140 a passo 1 m in sezione allargata; la prima centina della sezione di allargio è doppia per essere bullonata;
- secondo le condizioni idrauliche locali al contorno, applicazione della impermeabilizzazione tipo "0", costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC, o in alternativa tipo "1" con aggiunta di pannelli drenati;
- rivestimento definitivo in calcestruzzo armato dello spessore di 40 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 49 di 217

9. ANALISI DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

Nei seguenti paragrafi sono riportati i risultati ottenuti dalla analisi di stabilità del fronte e dall'applicazione del metodo delle curve caratteristiche e sono definiti le sezioni rappresentative su cui condurre le analisi numeriche bidimensionali e assialsimmetriche.

Per il dimensionamento degli interventi previsti per le singole opere in progetto e per la determinazione dello stato tenso-deformativo nei rivestimenti e al contorno del cavo, è fatto ricorso ai seguenti metodi di calcolo:

1. analisi di stabilità del fronte
2. analisi tramite il metodo delle linee caratteristiche;
3. analisi numeriche bidimensionali e assialsimmetriche.

Le analisi di stabilità del fronte consentono di valutare le condizioni di equilibrio nell'intorno del fronte e di predimensionare, qualora le analisi ne avessero evidenziato la necessità, interventi di preconsolidamento.

L'applicazione del metodo delle linee caratteristiche ha permesso di cogliere approssimativamente l'entità delle sollecitazioni e delle convergenze nel prerivestimento e nel rivestimento definitivo, rappresentando una fase di predimensionamento degli interventi di sostegno e di guidare le scelte circa le sezioni di galleria da sottoporre ad analisi più accurate.

Le analisi numeriche bidimensionali e assialsimmetriche consentono di determinare, al succedersi delle fasi costruttive, lo stato tenso-deformativo al contorno del cavo a seguito dello scavo e all'interno dei rivestimenti dovuto all'interazione con il terreno circostante.

9.1. Cabine e by-pass di collegamento

Nel seguito sono presentati i risultati delle analisi previste in fase di terapia per lo scavo delle cabine e del by-pass di collegamento. Le analisi sono condotte tramite il metodo delle curve caratteristiche e tramite metodi analitici per la valutazione della stabilità del fronte (vedi descrizione dei metodi di analisi al § 5).

Le analisi sono state condotte in riferimento a una copertura al piano dei centri di 410 m e valori massimi dei parametri geomeccanici compresi nel range di variabilità del gruppo GR2, definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna e corrispondente a condizioni di ammasso fratturato. Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002) alla profondità di 410 m. Il valore dell'angolo di attrito è cautelativamente limitato a 35°

9.1.1. Analisi di stabilità del fronte

Nelle successive tabelle sono riportati i principali dati di input ed i risultati ottenuti per quanto riguarda le analisi di stabilità del fronte di scavo. Le analisi di terapia sono state svolte nel medesimo contesto geomeccanico utilizzato in fase di diagnosi.

La lunghezza degli sfondi considerata è pari alla massima prevista in progetto, ovvero 3.6 m per lo scavo del by-pass e 1.2 m per lo scavo delle cabine.

ANALISI STABILITA' DEL FRONTE - FASE DI TERAPIA - Tamez & Cornejo											
Analisi	Opera	Sezione tipo	Copertura	D _{eq}	N° VTR	τ _{aderenza}	γ	c'	φ'	Sfondo	FSF
(-)	(-)	(-)	(m)	(m)	(-)	(KPa)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(m)	(-)
AN1	by-pass	B0	406.00	8	0	0	27.00	1470	35.0	3.60	2.21
AN2	cabina	B0	404.60	10.8	0	0	27.00	1470	35.0	1.20	3.36

Tabella 12. Riepilogo analisi di stabilità fase di terapia: metodo di Tamez & Cornejo

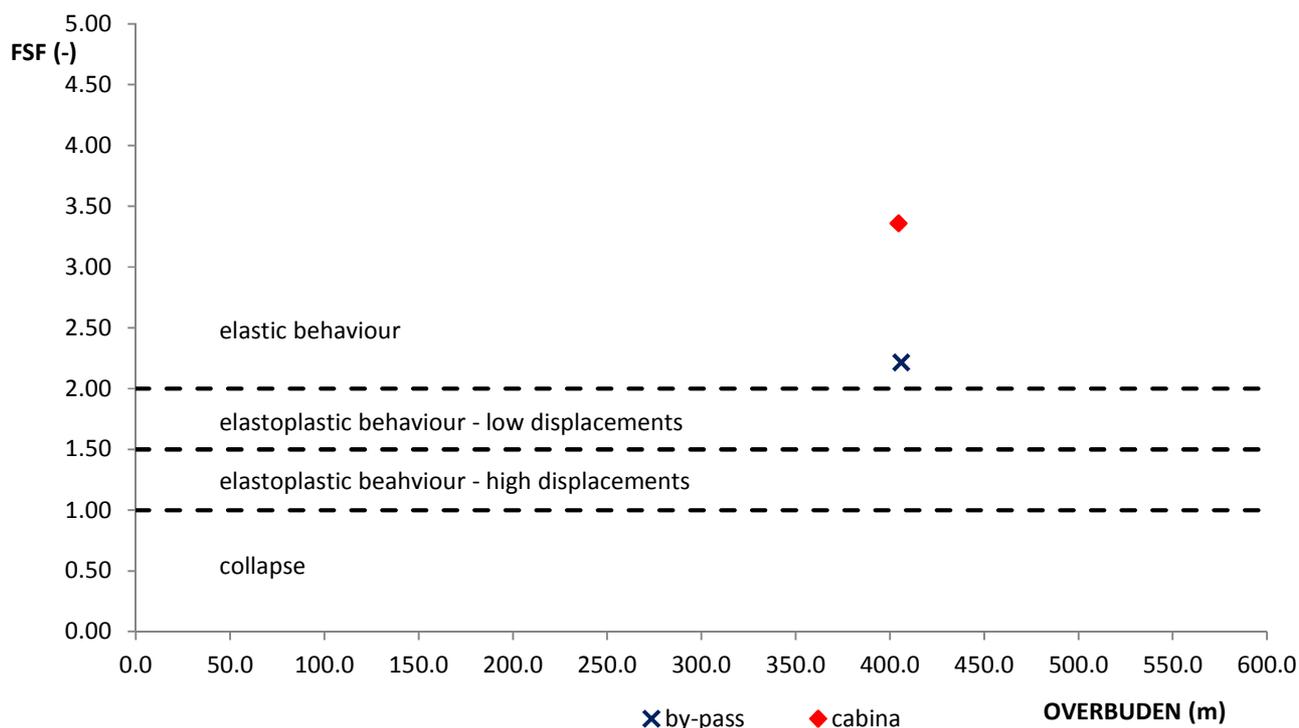


Figura 4. Riepilogo grafico analisi di stabilità fase di terapia: metodo di Tamez & Cornejo

Le analisi di stabilità in fase di terapia mostrano come il fronte mantenga un comportamento di tipo stabile con associate deformazioni elastiche, nonostante la maggiorazione della lunghezza degli sfondi prevista, rispetto al valore unitario considerato in fase di diagnosi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 51 di 217

9.1.2. Analisi con il metodo delle curve caratteristiche

I risultati in termini deformativi e tensionali ottenuti in fase di terapia sono riassunti in Tabella 13.

RISULTATI ANALISI LC - FASE TERAPIA									PRERIVESTIMENTI				RIV. DEFINITIVI		
Sez.	Form.	H	ΔC_{fronte}	$\sigma_{Ccont.}$	R_m	u_{fronte}	$R_{pl,face}$	R_{pl}	u_{posa}	$\sigma_{spritiz}$	σ_{cent}	u_{preriv}	$u_{posa,riv}$	σ_{cls}	u_{riv}
[-]	[-]	[m]	[kPa]	[kPa]	[m]	[m]	[m]	[m]	(m)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(m)	(MPa)	(mm)
by-pass BO	B'	410	0	0	4.0	0.014	4.78	6.16	0.023	4.91	46.55	8.10	0.031	2.17	0.21
cabina BO	B'	410	0	0	5.4	0.012	6.46	8.32	0.016	7.48	72.05	16.84	-	-	-

Tabella 13. Riassunto analisi linee caratteristiche in fase di terapia

dove:

- R_m = raggio di scavo;
- H = copertura rispetto al piano dei centri;
- ΔC_{fronte} = incremento di coesione al nucleo fronte prodotto dai consolidamenti in avanzamento;
- $\sigma_{Ccont.}$ = incremento di resistenza al contorno prodotto dai consolidamenti al contorno;
- u_{fronte} =spostamento radiale del cavo al fronte;
- u_{posa} =spostamento radiale del cavo alla messa in opera del prerivestimento;
- $u_{posa,riv}$ =spostamento radiale del cavo alla messa in opera del rivestimento definitivo;
- $R_{pl,face}$ =raggio plastico al fronte;
- R_{pl} =raggio plastico al cavo a grande distanza dal fronte;
- $\sigma_{spritiz}$ =tensione nello spritz beton;
- σ_{cent} =tensione nelle centine metalliche;
- σ_{cls} =tensione nei rivestimenti definitivi;
- u_{preriv} =spostamento radiale prerivestimento;
- u_{riv} =spostamento radiale rivestimento definitivo.

Dai risultati emersi dall'applicazione del metodo delle linee caratteristiche si evidenzia un valore di convergenza radiale dei rivestimenti inferiore a 20 mm. Lo stato tensionale sia per quanto riguarda i rivestimenti di prima fase che per i rivestimenti definitivi risulta sempre compatibile con le resistenze dei materiali adottati in progetto. Si evidenzia quindi un regime tensionale e deformativo compatibile con le soluzioni progettuali adottate.

A integrazione di quanto sopra si sottolinea che, comunque, è da prevedere un sistema di controllo e monitoraggio dei prerivestimenti, al fine di valutare i tassi di lavoro effettivi ed il mantenimento degli adeguati margini di sicurezza richiesti delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

I valori delle convergenze calcolati dovranno essere poi valutati ed amplificati con opportuni coefficienti, per tenere in conto dei reali fattori non schematizzabili numericamente, al fine di definire quelle soglie di convergenza necessarie al monitoraggio delle sezioni e all'applicazione delle variabilità.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1546 315"> <tr> <td>Foglio 52 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 52 di 217
Foglio 52 di 217		

9.1.3. Analisi numeriche bidimensionali

Nei seguenti paragrafi sono descritti i modelli di calcolo bidimensionali impiegati per il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi previsti per lo scavo delle sezioni tipo B0 del by-pass e delle cabine di collegamento.

9.1.3.1 Ipotesi e criteri di modellazione

Al fine di definire le condizioni di carico sui rivestimenti è stato fatto ricorso alla modellazione numerica bidimensionale, condotta impiegando il codice di calcolo Plaxis 2011.01. Le modellazioni numeriche effettuate hanno permesso di simulare la complessità dell'interazione tra ammasso-struttura, simulando l'avvenuta successione delle fasi scavo e di posa dei rivestimenti, in maniera più fedele possibile a quanto previsto.

Nel seguito sono specificati i criteri utilizzati per la modellazione della sezione oggetto di analisi.

Caratteristiche della griglia e condizioni al contorno

Le dimensioni della griglia (larghezza 400 m, altezza 560 m) sono fissate in maniera da evitare che il problema in esame risulti influenzato da *effetti di bordo*.

Le condizioni di vincolo applicate sono definite tramite il comando "Standard fixities" all'interno del programma PLAXIS che permette di applicare un vincolo traslazione orizzontale e verticale al contorno inferiore e alla traslazione orizzontale al contorno laterale. La formulazione del vincolo laterale permette dunque lo sviluppo di tensioni normali di compressione, ma non di tensioni di taglio agenti in direzione verticale. Tali tensioni sono invece generate al contorno inferiore.

Inizializzazione dello stato di sforzo

Nella prima fase di calcolo dell'analisi numerica, denominata "Initial Phase", è applicata la "K₀ Procedure" implementata in PLAXIS: il carico applicato in direzione orizzontale viene determinato in funzione del carico verticale, attraverso il coefficiente di spinta a riposo (K₀). La procedura è utilizzata unicamente con lo scopo di modellare lo stato tensionale iniziale, quindi al termine di tale procedura non è generato alcun quadro deformativo.

Modellazione degli elementi strutturali

I rivestimenti di prima fase sono modellati tramite elementi *beam* disposti lungo l'estradosso della galleria. Le caratteristiche degli elementi *beam* sono determinate tramite l'omogenizzazione delle proprietà meccaniche e geometriche delle centine e dello spritz – beton, ovvero ottenendo un modulo elastico ed uno spessore equivalente, tramite la seguente formulazione:

$$E_{om} = \frac{\left[E_{sb} \cdot s + \left(\frac{E_{cen}}{E_{sb}} - 1 \right) \cdot E_{sb} \cdot \frac{A_{cen}}{d} \right]^{3/2}}{\sqrt{E_{sb} \cdot s^3 + 12 \cdot \left(\frac{E_{cen}}{E_{sb}} - 1 \right) \cdot E_{sb} \cdot \frac{I_{cen}}{d}}}$$

$$s_{om} = \sqrt{\frac{E_{sb} \cdot s^3 + 12 \cdot \left(\frac{E_{cen}}{E_{sb}} - 1\right) \cdot E_{sb} \cdot I_{cen} / d}{E_{sb} \cdot s + \left(\frac{E_{cen}}{E_{sb}} - 1\right) \cdot E_{sb} \cdot A_{cen} / d}}$$

dove:

E_{sb} Modulo elastico dello spritz beton impiegato

E_{cen} Modulo elastico delle centine metalliche

I_{cen} Modulo di inerzia delle centine metalliche

A_{cen} Area delle centine metalliche

s Spessore di spritz beton impiegato

d Passo delle centine metalliche

Per simulare le fasi di maturazione dello spritz-beton si è utilizzata la seguente formulazione che mostra la variazione del modulo elastico in funzione del tempo trascorso dalla messa in opera.

$$E_{sb,t} = E_{28} \cdot (1 - e^{-0.42t})$$

Dove con E_{28} si indica il modulo elastico dello spritz-beton dopo 28 giorni di maturazione e con t il tempo trascorso in giorni. Di seguito si riporta la curva di maturazione ottenuta attraverso tale formulazione:

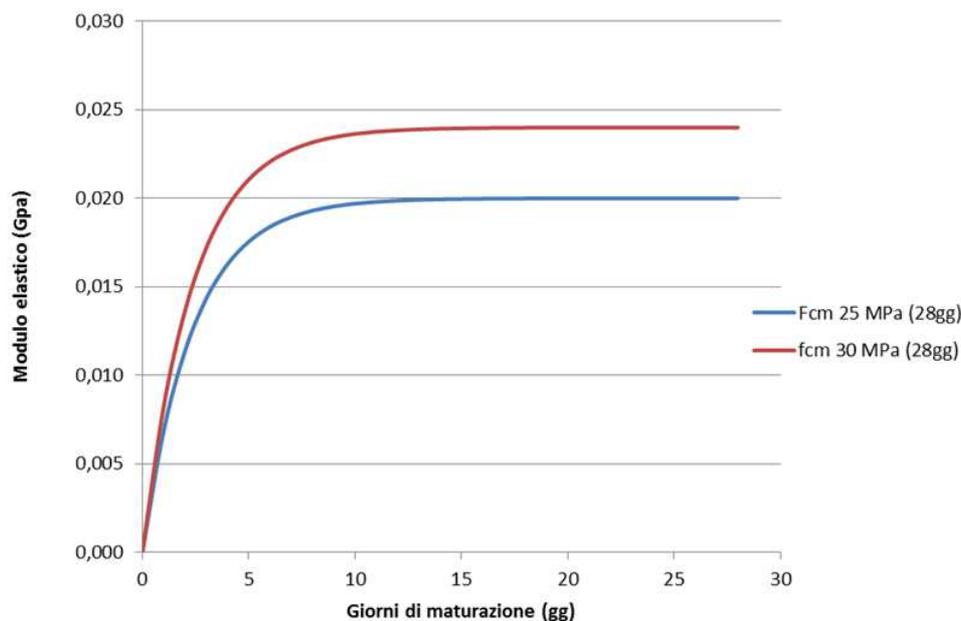


Figura 11. Curve di maturazione dello spritz beton in termini di modulo elastico

In particolare si sono utilizzati nei modelli di calcolo 3 differenti moduli elastici per il calcestruzzo relativi a 0,5, 3 e 28 giorni. Come si nota dal grafico già a partire da 10 giorni di maturazione il modulo elastico risulta pressoché pari al valore finale, per cui risulta verosimile non variare le caratteristiche del supporto a partire da tale istante temporale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 54 di 217

Spritz beton fcm = 25 MPa a 28 gg		
Maturazione	$E_{sb,t}$	f_{cm}
[gg]	[GPa]	[MPa]
0.5	3.788	4
3	14.327	14
28	20.000	25

I rivestimenti definitivi sono stati modellati in base alla loro reale geometria, tramite cluster opportunamente sagomati. Col fine di poter valutare le azioni interne, sono inseriti nella mezzeria dei cluster degli elementi *beam* di spessore variabile ed aventi una rigidezza ridotta per un fattore pari a $10e10$, rispetto a quella del rivestimento definitivo, così da non influenzare il calcolo numerico. I valori delle sollecitazioni agenti sui tali elementi *beam* devono essere quindi moltiplicati per lo stesso fattore riduttore della rigidezza, in modo da giungere alle azioni sollecitanti per il dimensionamento strutturale.

Il calcestruzzo utilizzato per i rivestimenti definitivi della galleria naturale è stato modellato come un materiale elastico lineare. Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare e richiede due parametri di rigidezza elastici, che sono il modulo di Young E , ed il coefficiente di Poisson ν , pari a $E=31220$ MPa e $\nu=0.2$.

Caratteristiche dell'ammasso

L'ammasso è simulato mediante un continuo equivalente, con criterio di rottura di Mohr-Coulomb e modello costitutivo elasto-plastico perfetto.

Condizioni idrogeologiche

Nonostante il pozzo sarà una delle ultime opere realizzate nell'area e quindi in presenza di gallerie drenanti (Bretella di Voltri, e gallerie della interconnessioni), considerata la permeabilità dell'ammasso, dovuta al medio grado di fratturazione e al comportamento fragile della roccia, si assume cautelativamente il prodursi di un carico idraulico nel lungo termine.

Fase di lungo termine

Il rivestimento definitivo è modellato in Phase 7 (vedi nomenclatura fasi nel seguito) e su di esso grava il carico residuo derivante dall'interazione con l'ammasso. Nella successiva fase di calcolo (in seguito Phase 8) è modellato il decadimento delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nel lungo termine, in una area di ammasso sufficientemente estesa nell'intorno del cavo. Una ultima fase di calcolo (in seguito Phase 9) è considerata per modellare l'applicazione del carico idraulico sui rivestimenti dovuto ad un battente di 20 m soprastante la chiave calotta. In Phase 8 e 9 i rivestimenti di prima fase sono modellati in modo che l'incremento delle azioni sui rivestimenti dovuto al decadimento dell'ammasso gravi unicamente sul rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 55 di 217

9.1.3.2 Simulazione dello scavo

Per modellare il progressivo allontanamento del fronte di scavo dalla sezione di verifica e la contemporanea posa in opera dei sostegni con un'analisi bidimensionale, è necessario introdurre numericamente l'“effetto fronte”, rilassando progressivamente le forze di scavo.

Per tener conto dell'effetto di contenimento della cavità offerto dal terreno a monte del fronte di scavo (nucleo), che viene perso nell'analisi bidimensionale condotta, si è proceduto, sulla base di quanto suggerito dall'AFTES (si veda Recommendation for use of convergence confinement method), ad una riduzione progressiva delle forze di reazione esercitate dagli elementi di terreno rimossi, in funzione della distanza dal fronte della sezione di calcolo, secondo quanto espresso in termini analitici dalle curve $\lambda = \sigma_r / \sigma_0$ di Panet, essendo σ_r la pressione di rilassamento, ovvero la pressione radiale di confinamento esercitata dal nucleo di scavo persa a seguito dello scavo, e σ_0 la pressione radiale esercitata sul contorno del cavo dal carico geostatico. L'adozione della sola curva λ , così come comunemente espressa quale criterio di riduzione delle caratteristiche elastiche e di resistenza del nucleo nel corso dell'analisi, non sempre produce i dovuti risultati tenso-deformativi, né per confronto con quanto ottenuto in base alla teoria delle Curve Caratteristiche o a simulazioni con modelli assialsimmetrici, né per confronto con quanto effettivamente rilevato in corso d'opera. Tale curva deve essere quindi tarata in funzione delle caratteristiche geomeccaniche del materiale, dello stato tensionale in sito e del criterio di rottura del materiale. Tale “taratura” si basa sui risultati ottenuti dalle linee caratteristiche. In particolare il valore di riduzione delle forze nodali al fronte è stato definito sulla base di un procedimento di taratura effettuato attraverso le linee caratteristiche di diagnosi caratteristiche di ogni sezione tipo, formazione e copertura di riferimento, determinando per ogni analisi un valore di preconvergenza analogo. Nella valutazione del rilassamento al fronte si tiene ovviamente anche in conto dell'eventuale intervento di preconsolidamento del nucleo. L'operazione viene eseguita in corrispondenza della prima fase di scavo (rilassamento iniziale), considerando quale grandezze di riferimento lo spostamento e lo stato tensionale agente al fronte per effetto della resistenza di mezzo nucleo. Una volta stabilita la prima corrispondenza è possibile procedere nella definizione dei rilassamenti successivi considerando una nuova curva; questa ultima viene dedotta estendendo i valori di rilassamento in modo proporzionale alla curva di Panet elastica (identificata dal numero $N_s=1$) proporzionalmente al rapporto al fronte dedotto inizialmente. Seguendo questo approccio è possibile dunque definire una corrispondenza tra i rilassamenti teorici basati sulla teoria di Panet e quelli relativi al caso in esame

Si ha pertanto: $R_{\text{forze, fronte}} = R_{\text{PANET, fronte}} \cdot \alpha$

con $\alpha = (\text{Rid.}\%) / R_{\text{PANET, fronte}} \%$.

Si ha pertanto: $R_{\text{forze}} = R_{\text{forze, fronte}} + \beta \cdot (R_{\text{PANET}} - R_{\text{PANET, fronte}})$

in cui il termine $\beta = (100\% - \text{Rid.}\%) / (100\% - R_{\text{PANET, fronte}}\%)$

tiene conto delle percentuali di riduzione residue, dopo il rilassamento del fronte.

I valori adottati nelle varie tinte di calcolo per ogni sezione tipo sono riportati nella descrizione dei singoli modelli a cui si rimanda.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 56 di 217

9.1.3.3 Sezioni di calcolo rappresentative

Nei seguenti paragrafi verranno descritti i modelli di calcolo impiegati per il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi delle cabine e del by-pass di collegamento.

In particolare è stata analizzata la sezione corrente rappresentativa dell'intero sviluppo del by-pass di collegamento e la sezione corrente della cabina di collegamento, rappresentativa sia del tratto di cabina adiacente al b. d., che al b. p..

La copertura al piano dei centri considerata nelle analisi è pari a 410 m, corrispondente alla massima copertura presente lungo lo sviluppo delle opere considerate.

Le condizioni di ammasso considerate sono riconducibili al gruppo GR2 definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Ficogna (B'), corrispondente a condizione di ammasso fratturato.

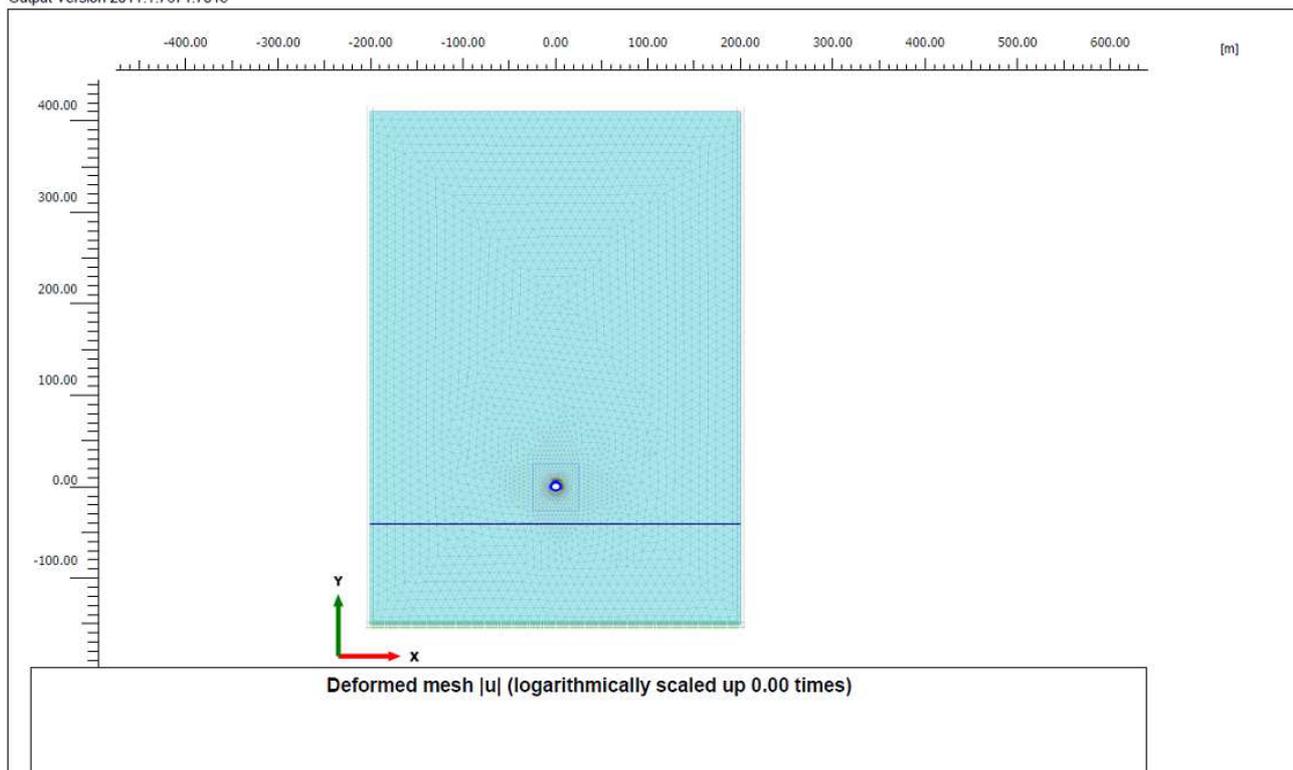
MODELLO	OPERA	SEZIONE TIPO	FORMAZIONE GEOLOGICA	COPERTURA
1	Cabina di collegamento	B0	B' - GR2 - fratturato	410 m
2	By-pass di collegamento	B0	B' - GR2 - fratturato	410 m

Tabella 14. Descrizioni dei modelli numerici impiegati

9.1.3.4 Modello 1: cabina di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m

È utilizzato un modello di tipo *Plane strain* costituita da elementi a 15 nodi. Nel seguito si riporta la griglia di calcolo utilizzata per la galleria naturale, costituita da n° 56 816 nodi. Il contorno superiore della griglia è posto a 410 metri ($y=410$ m) rispetto al piano dei centri ($y=0$ m).

Output Version 2011.1.7671.7015



PLAXIS	Project description	Date
	GN2R - Cabina di collegamento	07/01/2016
	User name	
	Rocksoil Spa	

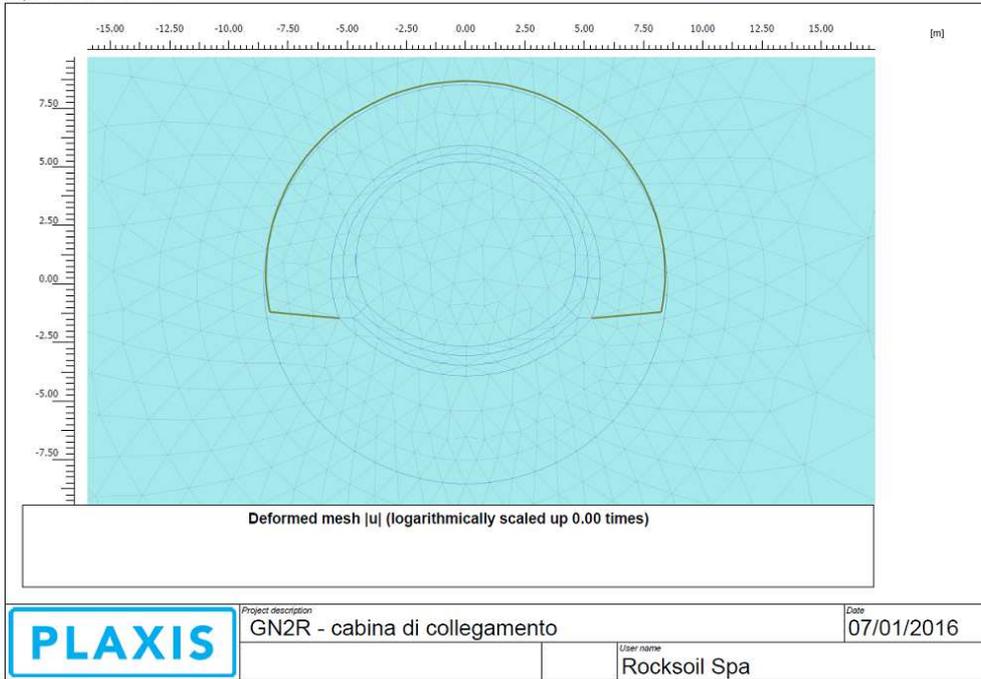
L'ammasso è stato modellato attraverso un unico strato con i valori massimi dei parametri meccanici compresi nei range di variazione con cui è caratterizzata la formazione dei Metabasalti del M. Figogna *poco fratturati*.

Formazione	γ [kN/m ³]	ν [-]	E_{op} [GPa]	σ_{ci} [MPa]	m_i [-]	GSI [-]	D [-]
B' poco fratturati	27.00	0.3	3.0	25	25	50	0.0

Alle zone poste a profondità maggiori di sei metri circa, rispetto alla quota di estradosso dell'arco rovescio, sono assegnati valori dei parametri fisici e resistenti uguali a quelli dello strato soprastante, ma con modulo elastico quadruplo; la zona di ammasso sottostante la galleria è infatti soggetta, durante le fasi di scavo, a percorsi tensionali di scarico, la cui deformazione associata è regolata dal modulo di scarico, tipicamente pari 3-5 volte il modulo relativo alla risposta dell'ammasso in condizioni di carico.

Formazione	γ [kN/m ³]	ν [-]	E_{op} [GPa]	σ_{ci} [MPa]	m_i [-]	GSI [-]	D [-]
B' substrato	27.00	0.3	12.0	25	25	50	0.0

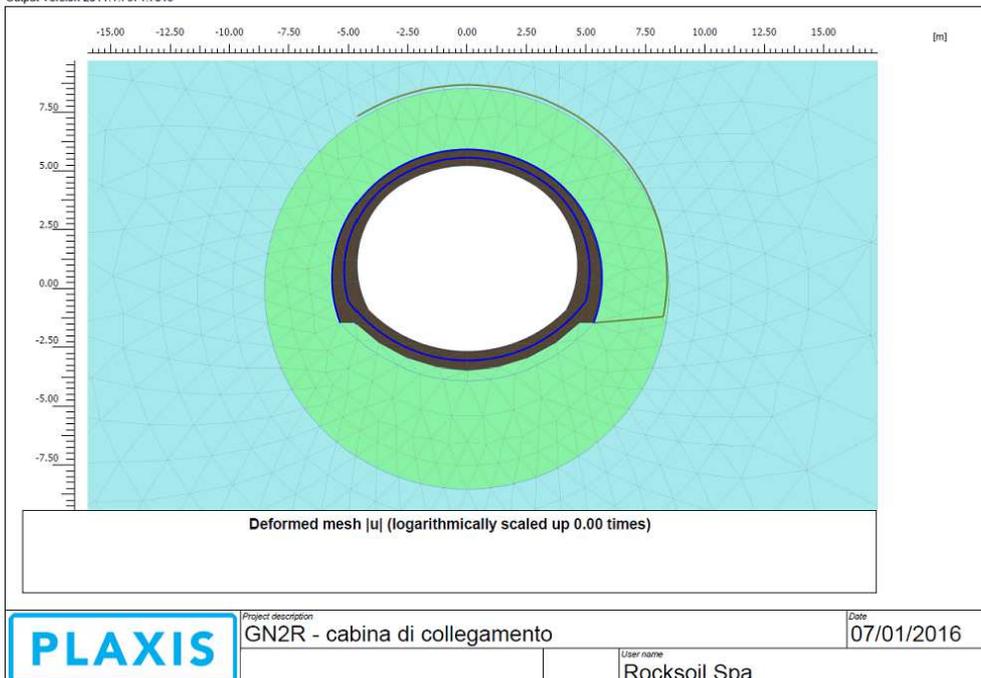
Output Version 2011.1.7671.7015



Nella fase di Lungo Termine (Phase 8 e 9), il decadimento delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nell'intorno del cavo è stato modellato assegnando al cluster esterno al contorno di scavo le seguenti caratteristiche meccaniche.

Formazione	γ	ν	E_{op}	σ_{ci}	m_i	GSI	D
	[kN/m ³]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
B' fratturato LT	27.00	0.3	12.0	25	25	50	0.3

Output Version 2011.1.7671.7015



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG5105ECVROGN2R00002A		Foglio 59 di 217

Caratteristiche rivestimento di prima fase e fasi di calcolo

L'analisi numerica si basa su una successione di fasi di calcolo (PHASE), che permettono di simulare la successione delle fasi di scavo e di posa e maturazione dei rivestimenti.

La simulazione delle fasi fa riferimento ad una velocità di avanzamento variabile di circa 2.0 m/g, tipiche per lo scavo in questo tipo di materiale, da cui derivano le caratteristiche di deformabilità e resistenza assegnate nel calcolo allo strato di spritz beton. Si riportano le caratteristiche principali utilizzate nell'analisi per le sezioni omogenizzate composte da centine e spritz beton.

Centina	HE 200 B
n°	1.0
Passo [m]	1.2
E [GPa]	210.0

Spritz - Beton	
E _{28gg} [GPa]	20
Spessore [m]	0.2

Maturazione	E _{om}	S _{om}
[gg]	[GPa]	[m]
0.5	7.913	0.2653
3	17.707	0.2337
28	23.136	0.2263

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate ed i valori di M-stage utilizzati.

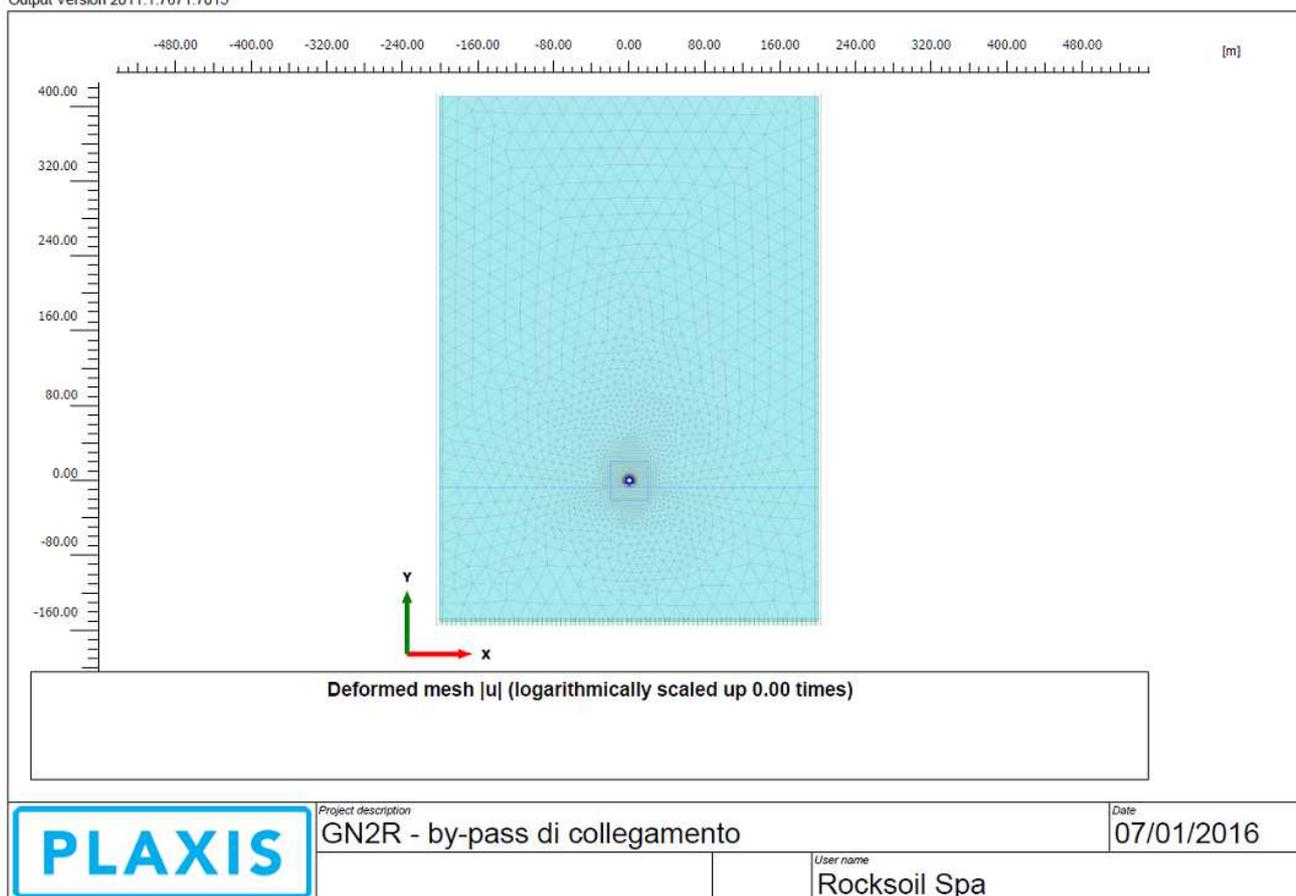
LAVORO COCIV - TRATTA AV/AC TERZO VALICO DEI GIOVI		Copertura 410 m				
Sezione Cabina di collegamento - B0		Litotipo B' fratturato				
Phase	DESCRIZIONE	INIZIO STAGE		FINE STAGE		MATURAZIONE SPRITZ BETON
		x fronte [m]	R(FEM)	x fronte [m]	R(FEM)	
Phase 0	Geostatico	-∞	0.0%	-∞	0.0%	-
Phase 1	Fronte di scavo	0	0.0%	0	80.0%	-
Phase 2	Avanzamento mezzo sfondo	0	80.0%	0.6	85.0%	-
Phase 3	Installazione priverivestimento e avanzamento	0.6	85.0%	1.2	90.0%	0.5 gg
Phase 4	Maturazione priverivestimento e avanzamento	1.2	90.0%	4.6	95.0%	3 gg
Phase 5	Maturazione priverivestimento e avanzamento	4.6	95.0%	≈ 3 diametri	98.0%	28 gg
Phase 6	Getto arco rovescio e murette e avanzamento	≈ 3 diametri	98.0%	-	99.0%	28 gg
Phase 7	Getto calotte	-	99.0%	-	100.0%	28 gg
Phase 8	Analisi di lungo termine (riduzione parametri meccanici)	-	100.0%	-	100.0%	-
Phase 9	Analisi di lungo termine (applicazione carico idraulico)	-	100.0%	-	100.0%	-

I valori di M-stage utilizzati in Phase 6 e Phase 7 stimano l'effetto dovuto allo scarico aggiuntivo dell'ammasso a seguito dello scavo delle opere consecutive alle cabine, comprese nella WBS GN2R.

9.1.3.5 Modello 2: by-pass di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m

È utilizzato un modello di tipo *Plane strain* costituita da elementi a 15 nodi. Nel seguito si riporta la griglia di calcolo utilizzata per la galleria naturale, costituita da n° 33 678 nodi. Il contorno superiore della griglia è posto a 410 metri ($y=410$ m) rispetto al piano dei centri ($y=0$ m).

Output Version 2011.1.7671.7015

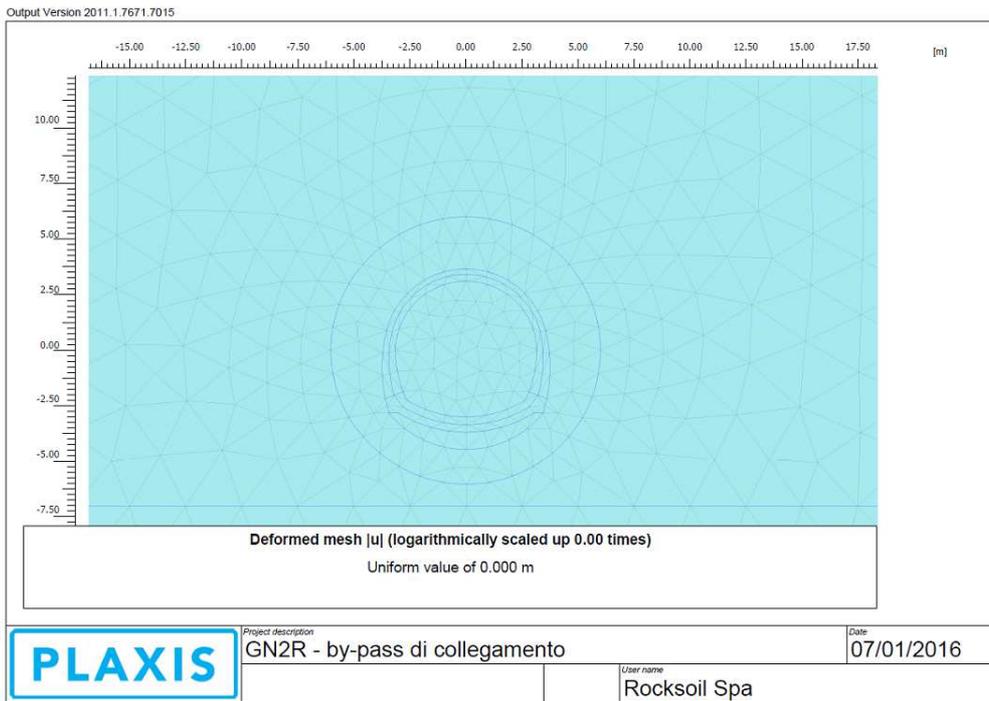


L'ammasso è stato modellato attraverso un unico strato con i valori massimi dei parametri meccanici compresi nei range di variazione con cui è caratterizzata la formazione dei Metabasalti del M. Figogna *poco fratturati*.

Formazione	γ [kN/m ³]	ν [-]	E_{op} [GPa]	σ_{ci} [MPa]	m_i [-]	GSI [-]	D [-]
B' poco fratturati	27.00	0.3	3.0	25	25	50	0.0

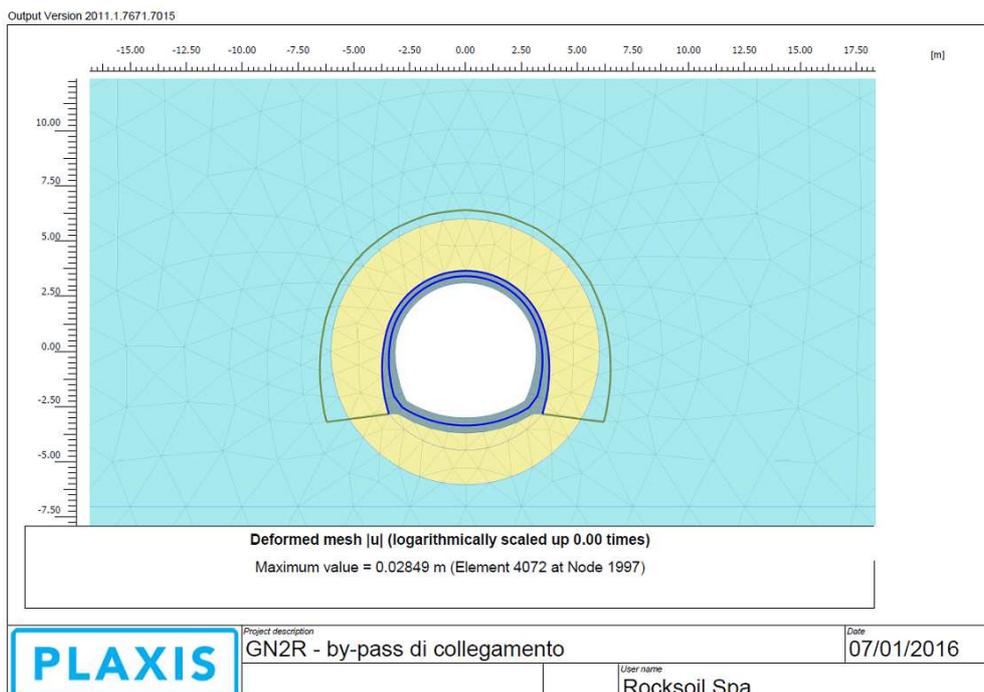
Alle zone poste a profondità maggiori di sei metri circa, rispetto alla quota di estradosso dell'arco rovescio, sono assegnati valori dei parametri fisici e resistenti uguali a quelli dello strato soprastante, ma con modulo elastico quadruplo; la zona di ammasso sottostante la galleria è infatti soggetta, durante le fasi di scavo, a percorsi tensionali di scarico, la cui deformazione associata è regolata dal modulo di scarico, tipicamente pari 3÷5 volte il modulo relativo alla risposta dell'ammasso in condizioni di carico.

Formazione	γ [kN/m ³]	ν [-]	E_{op} [GPa]	σ_{ci} [MPa]	m_i [-]	GSI [-]	D [-]
B' substrato	27.00	0.3	12.0	25	25	50	0.0



Nella fase di Lungo Termine (Phase 8 e 9), il decadimento delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nell'intorno del cavo è stato modellato assegnando al cluster esterno al contorno di scavo le seguenti caratteristiche meccaniche.

Formazione	γ	ν	E_{op}	σ_{ci}	m_i	GSI	D
	[kN/m ³]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
B' fratturato LT	27.00	0.3	12.0	25	25	50	0.3



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG5105ECVROGN2R00002A		Foglio 62 di 217

Caratteristiche rivestimento di prima fase e fasi di calcolo

L'analisi numerica si basa su una successione di fasi di calcolo (PHASE), che permettono di simulare la successione delle fasi di scavo e di posa e maturazione dei rivestimenti.

La simulazione delle fasi fa riferimento ad una velocità di avanzamento variabile di circa 2.0 m/g, tipiche per lo scavo in questo tipo di materiale, da cui derivano le caratteristiche di deformabilità e resistenza assegnate nel calcolo allo strato di spritz beton. Si riportano le caratteristiche principali utilizzate nell'analisi per le sezioni omogenizzate composte da centine e spritz beton.

Centina	HE 160 A
n°	1.0
Passo [m]	1.2
E [GPa]	210.0

Spritz - Beton	
E _{28gg} [GPa]	20
Spessore [m]	0.2

Maturazione	E _{om}	S _{om}
[gg]	[GPa]	[m]
0.5	6.674	0.2133
3	17.040	0.2053
28	22.630	0.2039

Di seguito si riportano le fasi di calcolo modellate ed i valori di M-stage utilizzati.

LAVORO COCIV - TRATTA AV/AC TERZO VALICO DEI GIOVI		Copertura 410 m				
Sezione By-pass di collegamento - B0		Litotipo B' fratturato				
Phase	DESCRIZIONE	INIZIO STAGE		FINE STAGE		MATURAZIONE SPRITZ BETON
		x fronte [m]	R(FEM)	x fronte [m]	R(FEM)	
Phase 0	Geostatico	-∞	0.0%	-∞	0.0%	-
Phase 1	Fronte di scavo	0	0.0%	0	78.0%	-
Phase 2	Avanzamento mezzo sfondo	0	78.0%	1.8	90.0%	-
Phase 3	Installazione priverivestimento e avanzamento	1.8	90.0%	3.6	94.0%	0.5 gg
Phase 4	Maturazione priverivestimento e avanzamento	3.6	94.0%	7.2	97.0%	3 gg
Phase 5	Maturazione priverivestimento e avanzamento	4.6	97.0%	≈ 9÷12 diametri	99.0%	28 gg
Phase 6	Getto arco rovescio e murette e avanzamento	≈ 9÷12 diametri	99.0%	≈ 15 diametri	99.5%	28 gg
Phase 7	Getto calotte	≈ 15 diametri	99.5%	> 15 diametri	100.0%	28 gg
Phase 8	Analisi di lungo termine (riduzione parametri meccanici)	≈ 15 diametri	100.0%	+∞	100.0%	-
Phase 9	Analisi di lungo termine (applicazione carico idraulico)	+∞	100.0%	+∞	100.0%	-

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 63 di 217

9.2. Pozzo di areazione

Nel seguito sono presentati i risultati delle analisi previste in fase di terapia per lo scavo del pozzo di areazione. Le analisi sono condotte tramite il metodo delle curve caratteristiche (vedi descrizione del metodo di analisi al § 5).

Le analisi di stabilità sono state condotte in riferimento a una copertura al piano dei centri di 410 m e valori massimi dei parametri geomeccanici compresi nel range di variabilità del gruppo GR2, definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna e corrispondente a condizioni di ammasso fratturato. Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002) alla profondità di 410 m. Il valore dell'angolo di attrito è cautelativamente limitato a 35°

9.2.1. Analisi con il metodo delle curve caratteristiche

RISULTATI ANALISI LC - FASE TERAPIA									PRERIVESTIMENTI	
Sez.	Form.	H	$\sigma_{cont.}$	R_m	u_{fronte}	$R_{pl,face}$	R_{pl}	u_{posa}	σ_{spritz}	u_{preriv}
[-]	[-]	[-]	[kPa]	[m]	[m]	[m]	[m]	(m)	(MPa)	(mm)
Pozzo	B'	390	0	3.0	0.091	3.50	4.30	0.014	20.3	2.81

Tabella 15. Riassunto analisi linee caratteristiche in fase di terapia

dove:

- R_m = raggio di scavo;
- H = profondità di analisi;
- $\sigma_{cont.}$ = incremento di resistenza al contorno prodotto dai consolidamenti al contorno;
- u_{fronte} =spostamento radiale del cavo al fronte;
- u_{posa} =spostamento radiale del cavo alla messa in opera del prerivestimento;
- $u_{posa,riv}$ =spostamento radiale del cavo alla messa in opera del rivestimento definitivo;
- $R_{pl,face}$ =raggio plastico al fronte;
- R_{pl} =raggio plastico al cavo a grande distanza dal fronte;
- σ_{spritz} =tensione nello spritz beton;
- u_{preriv} =spostamento radiale prerivestimento;

Dai risultati emersi dall'applicazione del metodo delle linee caratteristiche si evidenzia un valore di spostamento radiale dei prerivestimenti inferiore a 3 mm. Lo stato tensionale per quanto riguarda i rivestimenti di prima fase risulta sempre compatibile con le resistenze dei materiali adottati in progetto, tenendo conto della presenza della centina. Si evidenzia quindi un regime tensionale e deformativo compatibile con le soluzioni progettuali adottate.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 64 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 64 di 217
Foglio 64 di 217		

A integrazione di quanto sopra si sottolinea che, comunque, è da prevedere un sistema di controllo e monitoraggio dei priverimenti, al fine di valutare i tassi di lavoro effettivi ed il mantenimento degli adeguati margini di sicurezza richiesti delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

I valori delle convergenze calcolati dovranno essere poi valutati ed amplificati con opportuni coefficienti, per tenere in conto dei reali fattori non schematizzabili numericamente, al fine di definire quelle soglie di convergenza necessarie al monitoraggio delle sezioni e all'applicazione delle variabilità.

9.2.2. *Analisi numeriche assialsimmetriche*

Nei seguenti paragrafi sono descritti i modelli di calcolo assialsimmetrici impiegati per il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi previsti per lo scavo del pozzo di areazione.

9.2.2.1 *Ipotesi e criteri di modellazione*

Per tenere conto della geometria tridimensionale del problema, soprattutto per quanto riguarda l'influenza sul fronte di scavo, è fatto ricorso ad una schematizzazione piana in condizioni di assialsimmetria, condotta impiegando il codice di calcolo FLAC ver.7.

Nel seguito sono specificati i criteri utilizzati per la modellazione della sezione oggetto di analisi.

Caratteristiche della griglia e condizioni al contorno

La geometria reale dello scavo è stata approssimata come circolare, con diametro equivalente di 6 m. Il terreno nell'intorno dello scavo è stato schematizzato come un cilindro di 184 m di diametro e 184 m di altezza. Le dimensioni della griglia rispetto al cavo della galleria permettono di considerare il terreno come se fosse un mezzo infinitamente esteso. Per ottenere una precisione sufficiente nell'immediato intorno del cavo, minimizzando al contempo il numero complessivo di elementi, si è adottata una discretizzazione molto fitta in corrispondenza del cavo e progressivamente più rada allontanandosene; il modello è stato quindi suddiviso in quattro zone, caratterizzate rispettivamente da elementi quadrati di lato 50, 100, 200 e 400 cm. Lo scavo della galleria è relativo alla zona di altezza 67 m e diametro 28 m (due volte e mezzo il diametro di scavo), formata da zone di lato 50 cm. La griglia così realizzata è costituita da 6701 zone.

Lungo l'asse y, per motivi di simmetria sono modellati dei vincoli che impediscono la traslazione in direzione x). Sulla base superiore sono modellati dei vincoli alla traslazione in direzione y; questi vincoli, indispensabili per la modellazione adottata, non sono del tutto coerenti con il reale comportamento della galleria e condizionano sensibilmente il comportamento dello scavo in prossimità della base superiore. L'inconveniente conseguente alla modellazione dei vincoli in direzione y è superata ponendo la sezione di taratura dei parametri viscosi alla distanza di 24 m dalla base superiore, così da non risentire degli effetti di bordo.

Inizializzazione dello stato di sforzo

La tensione litostatica p_0 assegnata al modello è costante in ogni zona e pari a alla pressione litostatica alla profondità in analisi, considerando un peso di volume di 27 kN/m^3 .

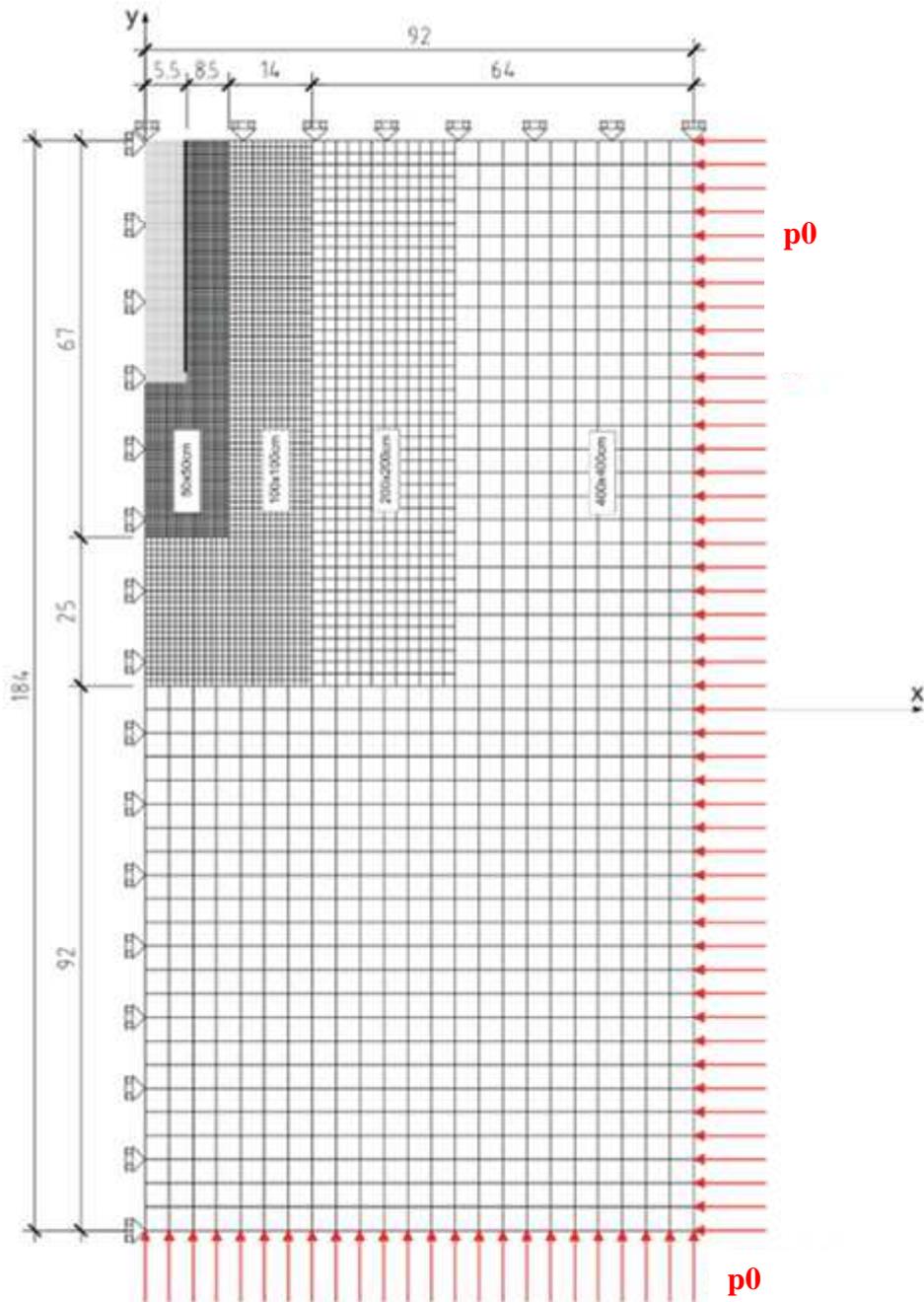


Figura 12. Griglia e condizioni al contorno

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 66 di 217

Modellazione degli elementi strutturali

Il rivestimento di prima fase è modellato come un anello circolare di 10 cm di spessore, composto da 2 zone di 5 x 50 cm. Le proprietà di rigidità assegnate alle zone nel modello di calcolo sono definite considerando la sola sezione di spritz beton, trascurando il contributo delle centine. Per simulare le fasi di maturazione dello spritz-beton si è utilizzata la seguente formulazione che mostra la variazione del modulo elastico in funzione del tempo trascorso dalla messa in opera.

$$E_{sb,t} = E_{28} \cdot (1 - e^{-0.42t})$$

Dove con E_{28} si indica il modulo elastico dello spritz-beton dopo 28 giorni di maturazione e con t il tempo trascorso in giorni (vedi Figura 11).

In particolare si sono utilizzati nei modelli di calcolo 4 differenti moduli elastici per il calcestruzzo relativi a 0,5, 3 e 28 giorni. Come si nota dal grafico già a partire da 10 giorni di maturazione il modulo elastico risulta pressoché pari al valore finale, per cui risulta verosimile non variare le caratteristiche del supporto a partire da tale istante temporale.

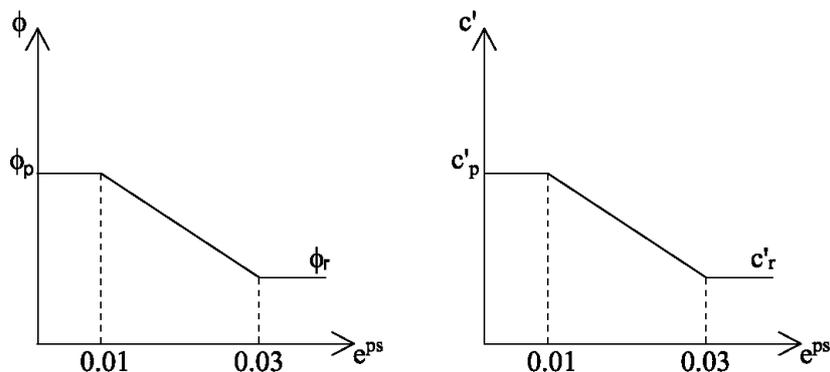
Spritz beton $f_{cm} = 30$ MPa a 28 gg		
Maturazione	$E_{sb,t}$	f_{cm}
[gg]	[GPa]	[MPa]
0.5	4.284	4
2.0	14.207	13
5.0	21.939	19
28	25.000	30

Il rivestimento definitivo non è modellato; si assume quindi cautelativamente che, nella fase di lungo termine (vedi in seguito), le sollecitazioni agenti sul rivestimento provvisorio, durante la fase di scavo, siano interamente trasmesse al rivestimento definitivo.

Caratteristiche dell'ammasso

Alle zone che modellano l'ammasso è assegnato il criterio di rottura di Mohr-Coulomb e il modello costitutivo *strain softening* (SS): i parametri di resistenza (coesione c' e angolo d'attrito interno ϕ) vengono gradualmente ridotti dai valori di picco (c'_p, ϕ_p) ai valori residui (c'_r, ϕ_r), in funzione della deformazione plastica sviluppata (e^{ps}). Il decadimento dei parametri geomeccanici è conseguenza diretta dello sviluppo di deformazioni plastiche e della progressiva evoluzione della zona plasticizzata al contorno dello scavo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 313"> <tr> <td>Foglio 67 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 67 di 217
Foglio 67 di 217		



Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002); la profondità considerata per la linearizzazione è indicata in tabella seguente. Il valore dell'angolo di attrito è cautelativamente limitato a 35 °.

Condizioni idrogeologiche

Nonostante il pozzo sarà una delle ultime opere realizzate nell'area e quindi in presenza di gallerie drenanti (Bretella di Voltri, e gallerie della interconnessioni), considerata la permeabilità dell'ammasso, dovuta al medio grado di fratturazione e al comportamento fragile della roccia, si assume cautelativamente il prodursi di un carico idraulico nel lungo termine.

Fase di lungo termine

Nel lungo termine si assume cautelativamente che le sollecitazioni agenti sul rivestimento provvisorio, durante la fase di scavo, siano interamente trasmesse al rivestimento definitivo. L'effetto del carico idraulico, ipotizzato presente in fase finale, verrà valutato con la formula di Mariotte e sommato allo sforzo normale agente nei rivestimenti definitivi nel lungo termine.

Nel lungo termine non è assegnato un decadimento delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso, poiché la riduzione dei parametri resistenti, dai valori di picco a quelli residui, è già considerato nella fase di scavo, tramite il ricorso al modello costitutivo *strain softening*.

9.2.2.2 Simulazione dello scavo

Lo scavo della galleria è stato simulato attribuendo progressivamente il modello nullo (*null*) agli elementi interni al cavo. Il rivestimento di prima fase è stato rappresentato come un anello circolare di 30 cm di spessore, tramite due file di elementi rettangolari di 5x50 cm, che sono stati ottenuti ridimensionando e riposizionando le zone annullate durante le fasi di scavo. Ogni fase di scavo, prevede l'avanzamento di 3.0 m. Al completamento di ogni sfondo da 3.0 m, il rivestimento di prima fase, posto a 3.5 m dal fronte, è allungato di 3.0 m, portandolo a 0.5 m dal fronte. Le fasi di scavo si succedono fino a che il fronte di scavo è posto ad una distanza sufficiente dal bordo superiore da poter escludere effetti di bordo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 68 di 217

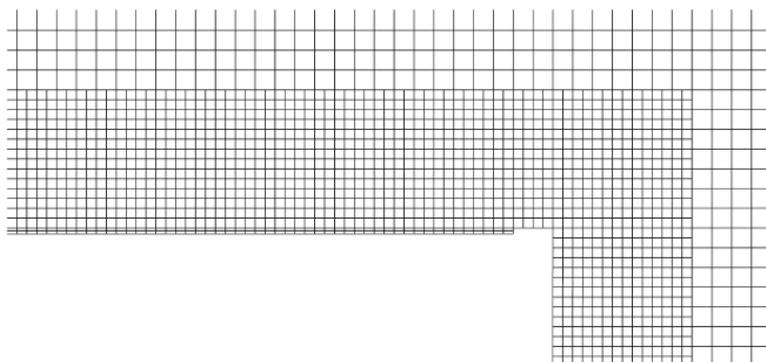


Figura 13. Dettaglio della zona interessata dallo scavo e dal rivestimento di prima fase

9.2.2.3 Sezioni di calcolo rappresentative

Nei seguenti paragrafi verranno descritti i modelli di calcolo impiegati per il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivo del pozzo di areazione.

In particolare è stata analizzata la sezione corrente rappresentativa dell'intero sviluppo del pozzo di areazione. La profondità considerata nelle analisi è pari a 390 m, corrispondente alla massima copertura presente lungo lo sviluppo dell'opera. Le condizioni di ammasso considerate sono riconducibili al gruppo GR2 definito per la Formazione dei Metabasalti del Monte Ficogna (B'), corrispondente a condizione di ammasso fratturato.

MODELLO	OPERA	SEZIONE TIPO	FORMAZIONE GEOLOGICA	COPERTURA
3	Pozzo di areazione	B0	B' - GR2 - fratturato	390 m

Tabella 16. Descrizioni dei modelli numerici impiegati

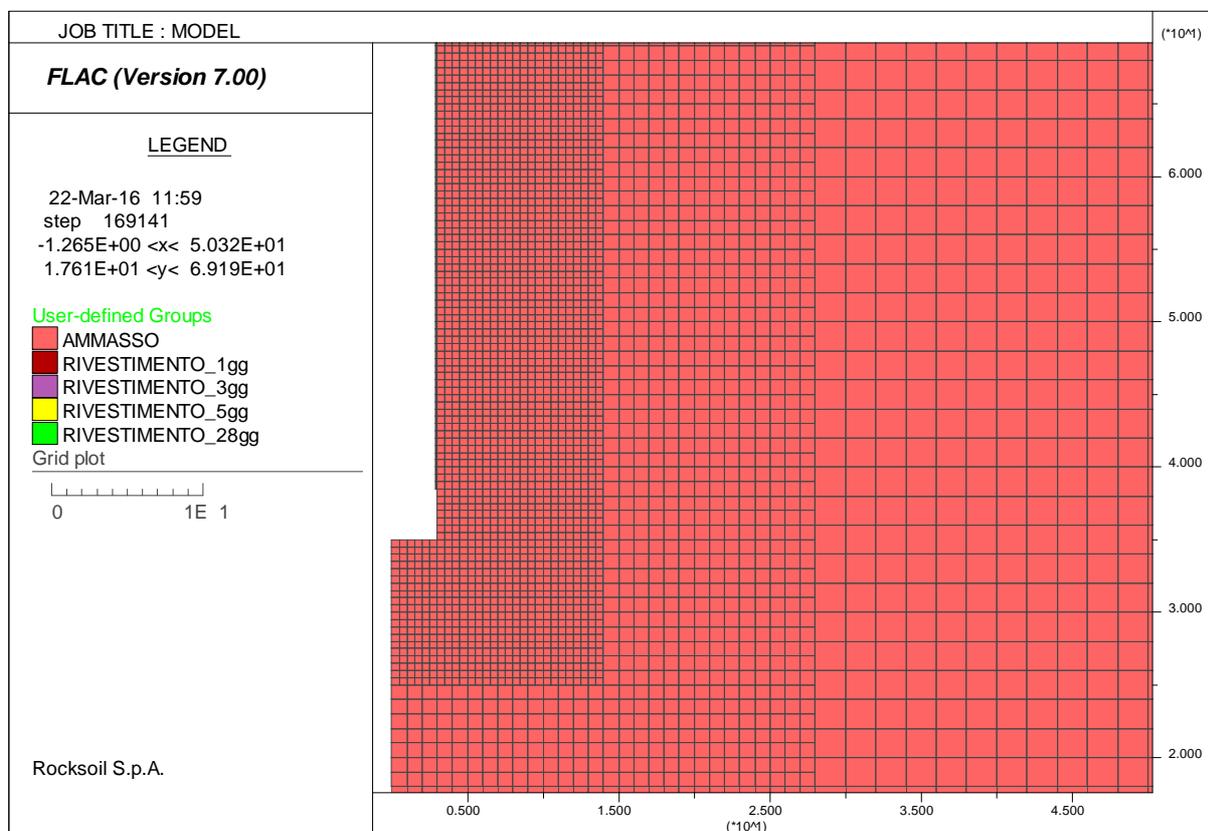
10.2.2.5 Modello 3: pozzo di areazione - profondità 390 m

È utilizzato un modello assialsimmetrico inizializzato alla pressione $p_0 = 10.530$ MPa in ciascuna delle 6701 zone che modellano l'ammasso. L'ammasso è stato modellato attraverso un unico set di parametri rappresentativi della gruppo geomeccanico GR2 della formazione dei Metabasalti del M. Figogna, corrispondente a condizione di ammasso fratturato. Un valore di disturbo nullo può essere valutato per la definizione della resistenza di picco del materiale, per converso $D = 0.3$ può essere considerata rappresentativo della capacità resistente dell'ammasso roccioso in condizioni residue.

Formazione	γ	u	E_{op}	σ_{ci}	m_i	GSI	D
	[kN/m ³]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]
B' fratturati	27.00	0.3	3.0	25	25	50	0.0÷0.3

Le caratteristiche meccaniche corrispondenti al criterio di rottura di Mohr-Coulomb, utilizzate nelle analisi, sono state derivate secondo la procedura di linearizzazione dell'involuppo a rottura di Hoek-Brown, proposto da Hoek et al. (2002); la profondità considerata per la linearizzazione è indicata in tabella seguente. Il valore dell'angolo di attrito di picco è cautelativamente limitato a 40 °.

Formazione	γ	u	c'_p	c'_r	ϕ'_p	ϕ'_r	E_{RM}
	[kN/m ³]	[-]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]	[GPa]
B' fratturati	27	0.30	1374.0	1233.0	40.0	38.0	3.0



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 70 di 217

Caratteristiche rivestimento di prima fase

L'analisi numerica prevede una successione di fasi di calcolo, che permettono di simulare la successione delle fasi di scavo e di posa e maturazione dei rivestimenti. La simulazione delle fasi fa riferimento ad una velocità di avanzamento di circa 3.0 m/g, tipiche per lo scavo con volate a 400 m di profondità, da cui derivano le caratteristiche di deformabilità e resistenza assegnate nel calcolo allo strato di spritz beton. Le proprietà di rigidità assegnate sono definite considerando la sola sezione di spritz beton, trascurando il contributo delle centine

Maturazione	E_{om}	S_{om}
[gg]	[GPa]	[m]
0.5	4.284	0.10
2	14.207	0.10
5	21.939	0.10
28	25.000	0.10

Nel lungo termine si assume cautelativamente che le sollecitazioni agenti sul rivestimento provvisorio, durante la fase di scavo, siano interamente trasmesse al rivestimento definitivo. L'effetto del carico idraulico nel lungo termine, corrispondente ad un battente di 20 m, è valutato con la formula di Mariotte e sommato allo sforzo normale agente nei rivestimenti definitivi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 71 di 217

10. RISULTATI DELLE ANALISI NUMERICHE E VERIFICHE

Nel presente capitolo sono preliminarmente indicati i criteri di verifica degli elementi strutturali e sono forniti in seguito i risultati delle analisi numeriche condotte, in termini di stato deformativo e tensionale a carico dei rivestimenti e del contorno del cavo. Per ultimo sono condotte le verifiche di resistenza strutturale dei rivestimenti secondo i criteri indicati.

10.1. Criteri di verifica dei rivestimento di prima fase

I rivestimenti di prima fase sono realizzati impiegando centine metalliche e spritz- beton, per i quali sono previsti i valori ammissibili indicati nella tabella seguente.

Acciaio S 275	$\sigma_{amm}=190.0$ MPa
	$\tau_{amm}=109.7$ MPa
Calcestruzzo proiettato	
fcm 25 MPa a 28gg	$\sigma_{amm} = 19.2$ MPa a 28gg
fcm 30 MPa a 28gg	$\sigma_{amm} = 23.0$ MPa a 28gg

Le verifiche tensionali sono svolte in corrispondenza di tutte le sezioni nelle quali è discretizzata la struttura, a partire dalla sollecitazioni agenti sui rivestimenti di prima fase, così come ottenute dai modelli numerici in ciascuna fase di calcolo di interesse.

Verifica di resistenza a pressoflessione

Il diagramma delle tensioni normali agenti sul priverivestimento è tracciato considerando una sezione in calcestruzzo armato di spessore pari allo spessore di spritz beton e con armatura simmetrica di area pari all'area delle ali della centina (AFTES "Recommendations for the Design Of Sprayed Concrete For Underground Support" – 09/11/2000).

Verifica di resistenza a taglio

La verifica è eseguita controllando che le tensioni normali massime di compressione sul calcestruzzo (σ_c) e di trazione sull'acciaio (σ_s), prodotte dalla combinazione di sforzo normale e momento flettente, sia inferiore al relativo valore ammissibile.

$$\sigma_c \leq \sigma_{amm} \quad \sigma_s \leq \sigma_{amm}$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni taglianti (T), si assume che queste agiscano unicamente sull'anima delle centine (A_{tw}), senza alcun contributo resistente fornito dalle ali del profilo e dallo spritz-beton. La verifica è quindi eseguita controllando che la tensione (τ), prodotta dallo sforzo di taglio agente, sia inferiore al valore ammissibile.

$$\tau = T / A_{tw} \leq \tau_{amm}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 72 di 217

10.2. Criteri di verifica dei rivestimenti definitivi

I rivestimenti definitivi del pozzo di areazione sono realizzati in calcestruzzo armato ordinario, mentre le sezioni tipo B0 delle cabine e del by-pass non prevedono armature da predisporre nel rivestimento definitivo. Il conglomerato cementizio è di classe $R_{ck} = 30$ MPa e le barre di armatura sono di tipo B450 C ad aderenza migliorata. Le tensioni ammissibili dei materiali utilizzati nelle verifiche strutturali sono riassunte nella tabella seguente.

Acciaio B450 C	$\sigma_{amm} = 160$ MPa (*)
Calcestruzzo strutturale non armato Rck 30 MPa	$\sigma_{amm} = 7.5$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa
Calcestruzzo strutturale armato Rck 30 MPa	$\sigma_{amm} = 9.75$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa $\tau_{c1} = 1.80$ MPa

(*) in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione: $\sigma_{amm}=255$ MPa

Le verifiche tensionali sono svolte in corrispondenza di tutte le sezioni nelle quali è discretizzata la struttura, a partire dalla sollecitazioni agenti sui rivestimenti definitivi, così come ottenute dai modelli numerici in ciascuna fase di calcolo di interesse.

Il calcolo delle sezioni resistenti è eseguito con i metodi della scienza delle costruzioni basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali.

Verifica di resistenza a pressoflessione

Le tensioni del conglomerato compresso e dell'armatura sono calcolate prescindendo dal contributo a trazione del conglomerato, assumendo come area della sezione resistente quella corrispondente al conglomerato compresso ed alle eventuali aree metalliche tese e compresse, affette dal coefficiente convenzionale di omogeneizzazione $n=15$. In sezioni non armate la parzializzazione non deve superare la metà dell'altezza della sezione;

Verifica di resistenza a taglio

Le tensioni tangenziali sono calcolate secondo la seguente equazione:

$$\tau = \frac{T}{0.9 \cdot b \cdot d}$$

con:

T = taglio agente sulla sezione; b = larghezza della sezione pari a 1.0 m;

d = altezza utile della sezione.

La verifica delle eventuali armature al taglio è considerata soddisfatta quando le tensioni tangenziali massime del conglomerato sono inferiori a τ_{c0} . Nella zona ove le tensioni tangenziali superano τ_{c0} , gli sforzi tangenziali sono integralmente assorbiti dall'armatura trasversale. In ogni caso massima tensione tangenziale per solo taglio non deve superare il valore τ_{c1} .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 73 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 73 di 217
Foglio 73 di 217		

Verifica a fessurazione in sezioni armate

La verifica a fessurazione è eseguita in accordo con il D.M. 09/07/96.

In funzione della classe di esposizione, “ambiente poco aggressivo”, può ritenersi accettabile un’apertura delle fessure minore di 0.2 mm. Poiché il copriferro minimo previsto per i rivestimenti è pari a 4 cm, ovvero maggiore di $1.5 \cdot c_{\min}$ (con $c_{\min} = 2.5$ cm), è ammesso un aumento del limite di apertura delle fessure (w_k). Il valore limite di w_k è quindi pari a:

$$0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ mm}$$

Si considera quindi:

$$M_f \text{ II} = W_i \cdot f_{ctm}$$

dove

$$f_{ctm} = 1.2 \cdot 0.27 (Rck)^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2)$$

L’apertura delle fessure vale:

$$w_k = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}$$

dove:

$$s_{rm} = 2 \cdot (c + s / 10) + k_2 \cdot k_3 \cdot \Phi / \rho_r$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s \cdot (1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)$$

per la sezione in esame si ha:

$c =$ copriferro netto armatura tesa

s interasse tra i ferri

$k_2 = 0.4$ per barre ad aderenza migliorata

$k_3 = 0.125$ per diagramma delle s triangolare, dovuto a flessione o pressoflessione

Φ diametro delle barre

$\rho_r =$ $A_s / A_{c \text{ eff}}$

$\sigma_s =$ tensione dell’acciaio calcolata nella sezione fessurata per la

$\sigma_{sr} =$ tensione dell’acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione f_{ctm} nella fibra di calcestruzzo più sollecitata nella sezione interamente reagente.

$\beta_1 = 1$ per barre ad aderenza migliorata

$\beta_2 = 0.5$ nel caso di azioni di lunga durata o ripetute.

Verifica a fessurazione in sezioni non armate

La verifica di fessurazione di sezioni non armate è considerata soddisfatta quando la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0 (condizione limite di decompressione) o nel caso in cui la tensione massima di trazione sia inferiore a $0.7 \cdot f_{ctm}$ (condizione limite di formazione delle fessure per azioni di pressoflessione).

10.3. Modello 1: Cabina di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m

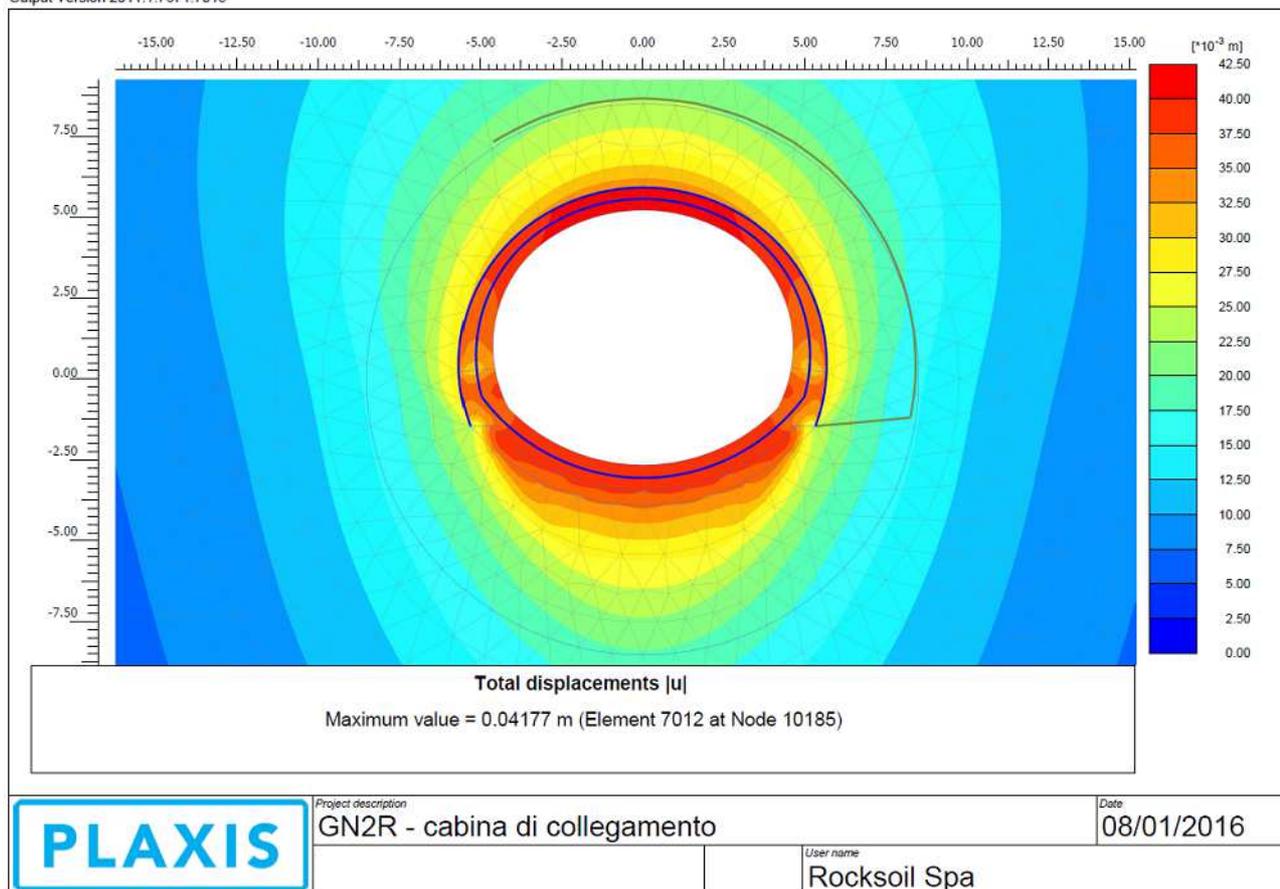
Nei paragrafi successivi sono forniti i risultati delle analisi numeriche condotte, in termini di stato deformativo e tensionale a carico dei rivestimenti e del contorno del cavo. Per ultimo sono condotte le verifiche di resistenza strutturale dei rivestimenti secondo i criteri indicati ai §§ 10.1 e 10.2.

10.3.1. Analisi deformativa

I risultati più significativi ottenuti dall'analisi deformativa sono indicati nelle figure e tabelle contenute nel presente paragrafo. Lo stato deformativo relativo ad ogni fase di calcolo è riportato in allegato.

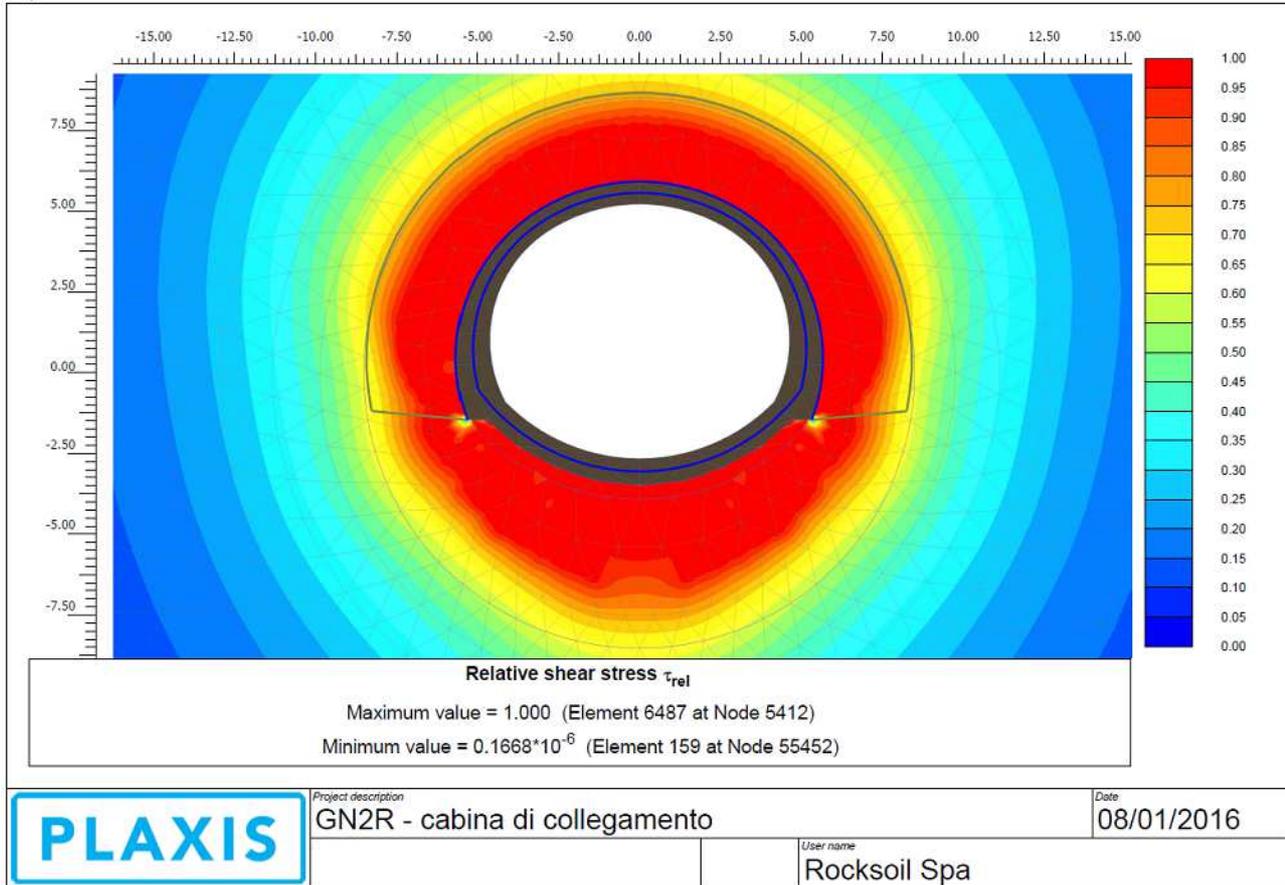
Nel lungo termine (Phase 10), il modello ha fornito spostamenti massimi del cavo attorno ai 4.0 cm.

Output Version 2011.1.7671.7015



Al termine della simulazione delle fasi di scavo e posa dei rivestimenti, ma prima di effettuare la riduzione dei parametri nell'intorno del cavo, ovvero in Phase 7, i fenomeni di plasticizzazione nel terreno al contorno della cavità ($T_{rel} = T_{res} / T_{mob} = 1.0$) risultano presenti in una fascia nell'intorno del cavo con una estensione di circa 2.5 m.

Output Version 2011.1.7671.7015



Il rivestimento di prima fase è caratterizzato da valori di convergenza diametrale massima ($2 \cdot u_x$) al piano dei centri compreso tra $2.5 \div 3.0$ cm. Il rivestimento definitivo è caratterizzato da uno spostamento massimo prossimo a 7 mm.

SEZIONE	Preconvergenza (Phase 2)	Convergenza (Phase 6)	Δu prerivestimenti (Phase 6-Phase 2)	Δu rivestimento di calotta (Phase 9-Phase 7)	Δu rivestimento di a.r. (Phase 9-Phase 5)
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]
Chiave calotta (u_y)	- 28.0	- 36.0	- 8.0	- 7.0	-
Piano centri (u_x)	- 22.5	- 36.0	- 13.5	- 4.0	-
Chiave a.r. (u_y)	28.0	40.0	-	-	4.0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 76 di 217

10.3.2. Analisi Tensionale

I risultati più significativi ottenuti dall'analisi tensionale relativa al rivestimento di prima fase e definitivo, sono indicati nelle figure e tabelle contenute nel presente paragrafo.

Rivestimento di prima fase

Le caratteristiche dei rivestimenti di prima fase previsti per lo scavo della sezione in esame sono descritti nella seguente tabella.

Spessore spritz beton (m)	Centine (-)	Numero (-)	Passo centine (m)
0.2	HEB 200	1	1.2

Lo stato di sollecitazione nel prerivestimento risulta di media entità, con momenti flettenti che poco superiori a 20 kNm/m e azioni assiali piuttosto inferiori a 2300 KN/m. Gli sforzi di taglio sono tendenzialmente bassi (circa 50 kN/m), ad eccezione che in corrispondenza del piede centina, ove però la capacità resistente a taglio della sezione metallica è sensibilmente maggiorata.

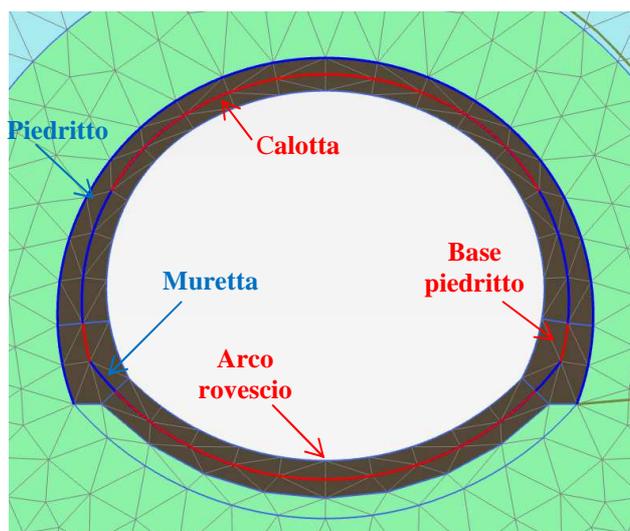
Nella tabella sottostante viene riportato lo stato tensionale sia sulle ali delle centine che sullo spritz beton, considerando unicamente le condizioni più gravose, in base a quanto valutato in ogni fase di calcolo (*Phase*) di interesse. Le sollecitazioni agenti su tutti gli elementi *plate* e le relative tensioni valutate sui materiali del rivestimento di prima fase sono riportate in allegato.

Phase	Maturazione	Verifica tensioni normali acciaio			Verifica tensioni tangenziali acciaio			Verifica tensionale cls		
		σ_s	$\sigma_{amm,s}$	TSF	τ_s	$\tau_{amm,s}$	TSF	σ_{sb}	$\sigma_{amm,sb}$	TSF
(-)	(gg)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
3	0.5	-121.6	190	0.64	-26.99	109.70	0.25	-2.23	3.1	0.72
4	2	-141.4	190	0.74	-55.67	109.70	0.51	-9.66	10	0.97
5	5	-161.1	190	0.85	-94.79	109.70	0.86	-15.38	12.3	1.25
6	28	-181.7	190	0.96	-56.43	109.70	0.51	-17.34	19.23	0.90

Lo spritz-beton è caratterizzato da una tensione normale massima di compressione inferiore a 12 MPa. Sull'acciaio agisce una tensione normale massima inferiore ai 120 MPa, mentre la tensione tangenziale massima è prossima a 100 MPa. Come si nota tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Rivestimento definitivo

Sui rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta agiscono momenti flettenti massimi compresi nel range $125 \div 150$ KNm/mm. Lo sforzo assiale massimo, prossimo a 3600 KN/m agisce in arco rovescio, mentre su rivestimento di calotta lo sforzo normale massimo è di poco superiore a 2000 kN/m. Le verifiche di resistenza sono condotte per ciascun elemento componente il rivestimento di calotta e di arco rovescio (vedi figura seguente).



La classe di calcestruzzo considerata nelle verifiche è C25/30. La sezioni di calcolo sono sprovviste di armatura. Nella tabella seguente è verificato ogni elemento componente il rivestimento definitivo, in riferimento alle tensioni normali e tangenziali su di essi agenti nella fase di calcolo di interesse (Phase 9). Le tensioni di compressione sono indicate con segno negativo. Le sezioni verificate risultano interamente reagenti, la verifica di fessurazione è conseguentemente soddisfatta. Le sollecitazioni agenti su tutti gli elementi *plate* e le relative tensioni valutate sui materiali del rivestimento di prima fase sono riportate in allegato.

Elemento	H [m]	Verifica tensioni normali					Verifica tensioni tangenziali			
		σ_c [MPa]	N [kN/m]	M [kNm/m]	$\sigma_{c,amm}$ [MPa]	TSF (-)	τ_c [MPa]	V [kN/m]	τ_{c0} [MPa]	TSF (-)
Calotta	0.70	-3.03	-2015.33	12.26	6.00	0.50	0.05	28.99	0.60	0.08
Piedritto	0.80	-2.76	-1289.99	-122.37	6.00	0.46	-0.10	-74.03	0.60	0.17
Base piedritto	0.80	-3.63	-1650.30	-166.72	6.00	0.60	0.26	184.94	0.60	0.43
Arco Rovescio	0.80	-5.51	-3560.32	113.44	6.00	0.92	-0.29	-208.83	0.60	0.48

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte. Poiché si verifica ovunque $\tau < \tau_{c0}$ non è necessario disporre armatura specifica a taglio.

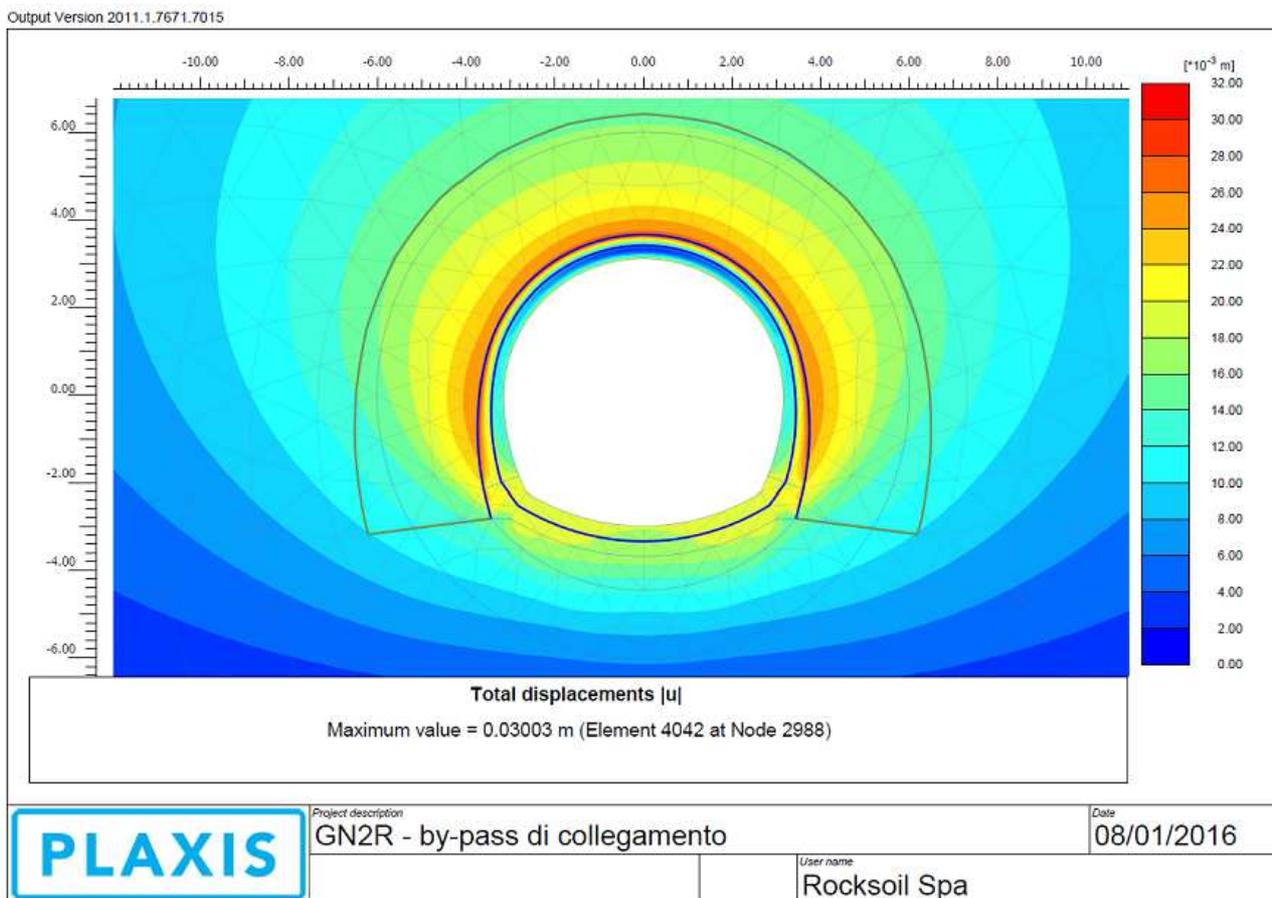
10.4. Modello 2: by-pass di collegamento - sezione tipo B0 - copertura 410 m

Nei paragrafi successivi sono forniti i risultati delle analisi numeriche condotte, in termini di stato deformativo e tensionale a carico dei rivestimenti e del contorno del cavo. Per ultimo sono condotte le verifiche di resistenza strutturale dei rivestimenti secondo i criteri indicati ai §§ 10.1 e 10.2.

10.4.1. Analisi deformativa

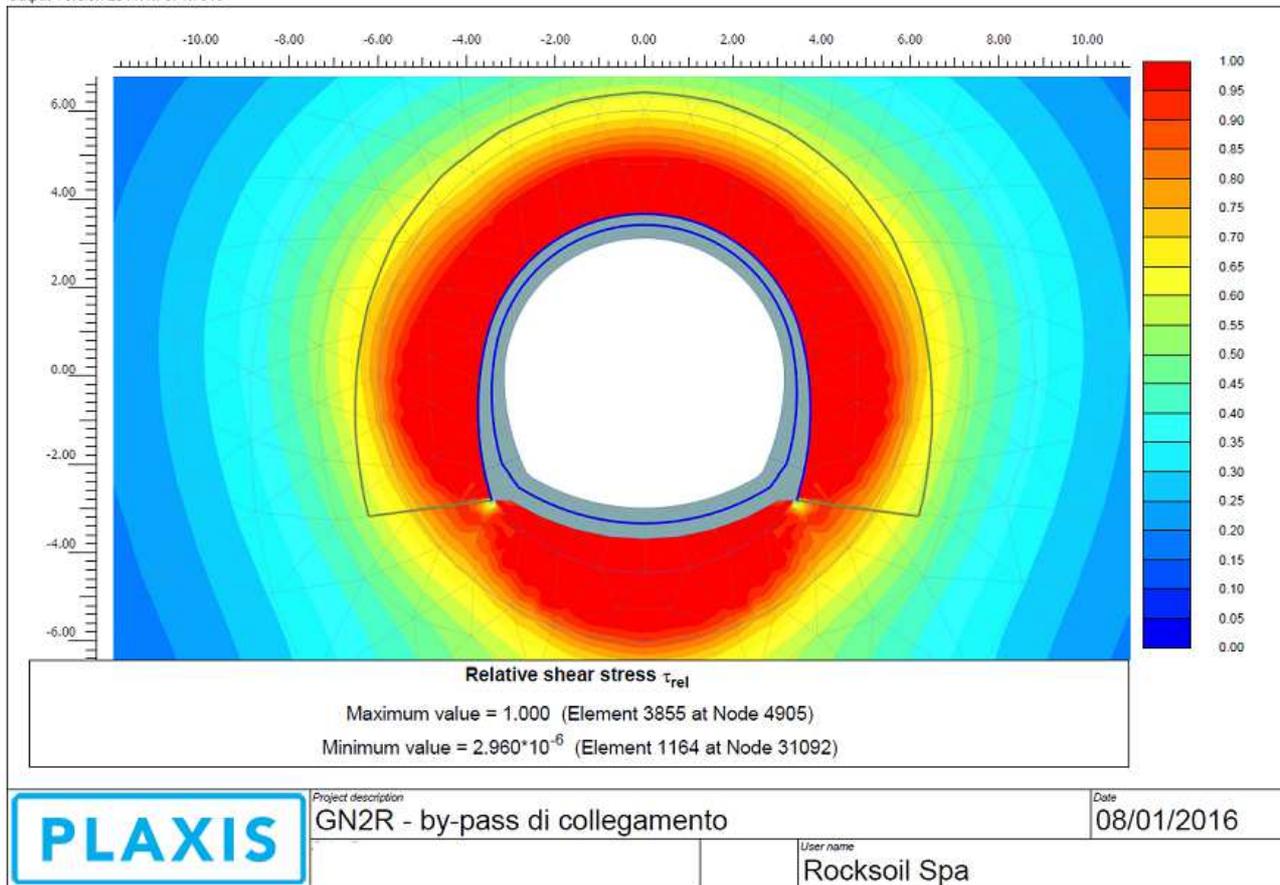
I risultati più significativi ottenuti dall'analisi deformativa sono indicati nelle figure e tabelle contenute nel presente paragrafo. Lo stato deformativo relativo ad ogni fase di calcolo è riportato in allegato.

Nel lungo termine (Phase 10), il modello ha fornito spostamenti massimi del cavo attorno ai 3.0 cm.



Al termine della simulazione delle fasi di scavo e posa dei rivestimenti, ma prima di effettuare la riduzione dei parametri nell'intorno del cavo, ovvero in Phase 7, i fenomeni di plasticizzazione nel terreno al contorno della cavità ($T_{rel} = T_{res} / T_{mob} = 1.0$) risultano presenti in una fascia nell'intorno del cavo con una estensione di circa 2 m.

Output Version 2011.1.7671.7015



Il rivestimento di prima fase è caratterizzato da valori di convergenza diametrale massima ($2 \cdot u_x$) al piano dei centri compreso tra 1.5 ÷ 2.0 cm. Il rivestimento definitivo è caratterizzato da uno spostamento massimo prossimo a 5 mm.

SEZIONE	Preconvergenza (Phase 2)	Convergenza (Phase 6)	Δu prerivestimenti (Phase 6-Phase 2)	Δu rivestimento di calotta (Phase 9-Phase 7)	Δu rivestimento di a.r. (Phase 9-Phase 5)
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]
Chiave calotta (u_y)	- 24.0	- 27.5	- 3.50	- 5.0	-
Piano centri (u_x)	- 20.0	- 28.0	- 8.0	- 4.0	-
Chiave a.r. (u_y)	14.0	17.5	-	-	2.5

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 80 di 217

10.4.2. Analisi tensionale

I risultati più significativi ottenuti dall'analisi tensionale relativa al rivestimento di prima fase e definitivo, sono indicati nelle figure e tabelle contenute nel presente paragrafo.

Rivestimento di prima fase

Le caratteristiche dei rivestimenti di prima fase previsti per lo scavo della sezione in esame sono descritti nella seguente tabella.

Spessore spritz beton (m)	Centine (-)	Numero (-)	Passo centine (m)
0.2	HEA 160	1	1.2

Lo stato di sollecitazione nel prerivestimento risulta di media entità, con momenti flettenti che poco superiori a 20 kNm/m e azioni assiali piuttosto inferiori a 2300 KN/m. Gli sforzi di taglio sono tendenzialmente bassi (circa 50 kN/m), ad eccezione che in corrispondenza del piede centina, ove però la capacità resistente a taglio della sezione metallica è sensibilmente maggiorata.

Nella tabella sottostante viene riportato lo stato tensionale sia sulle ali delle centine che sullo spritz beton, considerando unicamente le condizioni più gravose, in base a quanto valutato in ogni fase di calcolo (*Phase*) di interesse. Le sollecitazioni agenti su tutti gli elementi *plate* e le relative tensioni valutate sui materiali del rivestimento di prima fase sono riportate in allegato.

Phase	Maturazione	Verifica tensioni normali acciaio			Verifica tensioni tangenziali acciaio			Verifica tensionale cls		
		σ_s	$\sigma_{amm,s}$	TSF	τ_s	$\tau_{amm,s}$	TSF	σ_{sb}	$\sigma_{amm,sb}$	TSF
(-)	(gg)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
3	0.5	-116.5	190	0.61	38.12	109.70	0.35	-2.12	3.10	0.68
4	2	-101.3	190	0.53	65.52	109.70	0.60	-6.99	10.00	0.70
5	5	-109.1	190	0.57	94.40	109.70	0.86	-10.93	12.30	0.89
6	28	-116.7	190	0.61	70.25	109.70	0.64	-11.73	19.23	0.61

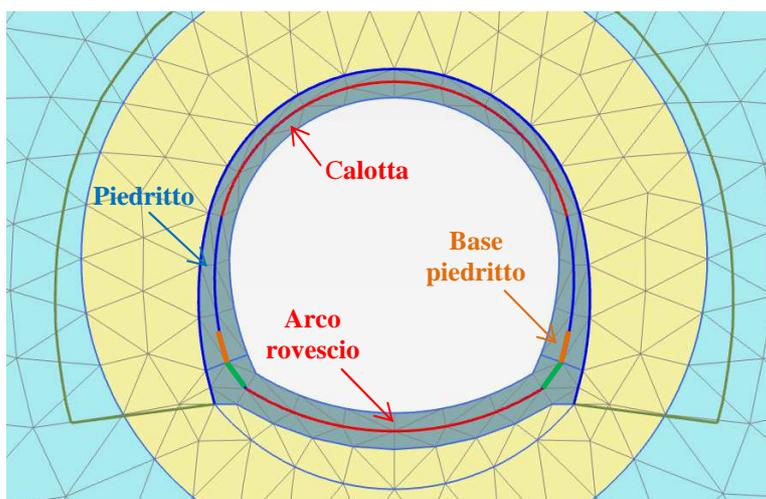
Lo spritz-beton è caratterizzato da una tensione normale massima di compressione inferiore a 12 MPa. Sull'acciaio agisce una tensione normale massima inferiore ai 120 MPa, mentre la tensione tangenziale massima è prossima a 100 MPa. Come si nota tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 81 di 217

Rivestimento definitivo

Sia sul rivestimento definitivo di calotta che sull'arco rovescio agiscono momenti flettenti massimi pari a circa 190 KNm/m. Lo sforzo assiale massimo, prossimo a 2000 KN/m, agisce in arco rovescio, mentre su rivestimento di calotta lo sforzo normale massimo supera di poco i 1100 kN/m.

Le verifiche di resistenza sono condotte per ciascun elemento componente il rivestimento di calotta e di arco rovescio (vedi figura seguente).



La classe di calcestruzzo considerata nelle verifiche è C25/30. Le sezioni di calcolo sono sprovviste di armatura. Nella tabella seguente è verificato ogni elemento componente il rivestimento definitivo, in riferimento alle tensioni normali e tangenziali su di essi agenti nella fase di calcolo di interesse (Phase 9). Le tensioni di compressione sono indicate con segno negativo. Le sezioni verificate risultano interamente reagenti, la verifica di fessurazione è conseguentemente soddisfatta. Le sollecitazioni agenti su tutti gli elementi *plate* e le relative tensioni valutate sui materiali del rivestimento di prima fase sono riportate in allegato.

Elemento	H [m]	Verifica tensioni normali					Verifica tensioni tangenziali			
		σ_c [MPa]	N [kN/m]	M [kNm/m]	$\sigma_{c,amm}$ [MPa]	TSF (-)	τ_c [MPa]	V [kN/m]	τ_{c0} [MPa]	TSF (-)
Calotta	0.50	-3.27	-1131.58	42.08	6.00	0.55	0.30	136.80	0.60	0.51
Piedritto	0.60	-3.67	-1289.65	90.96	6.00	0.61	0.34	181.32	0.60	0.56
Base piedritto	0.70	-3.93	-1011.27	-180.38	6.00	0.65	0.59	370.53	0.60	0.98
Arco Rovescio	0.70	-5.44	-1457.75	-249.91	6.00	0.91	0.50	312.96	0.60	0.83

Come si nota, tutte le verifiche risultano soddisfatte. Poiché si verifica ovunque $\tau < \tau_{c0}$ non è necessario disporre armatura specifica a taglio.

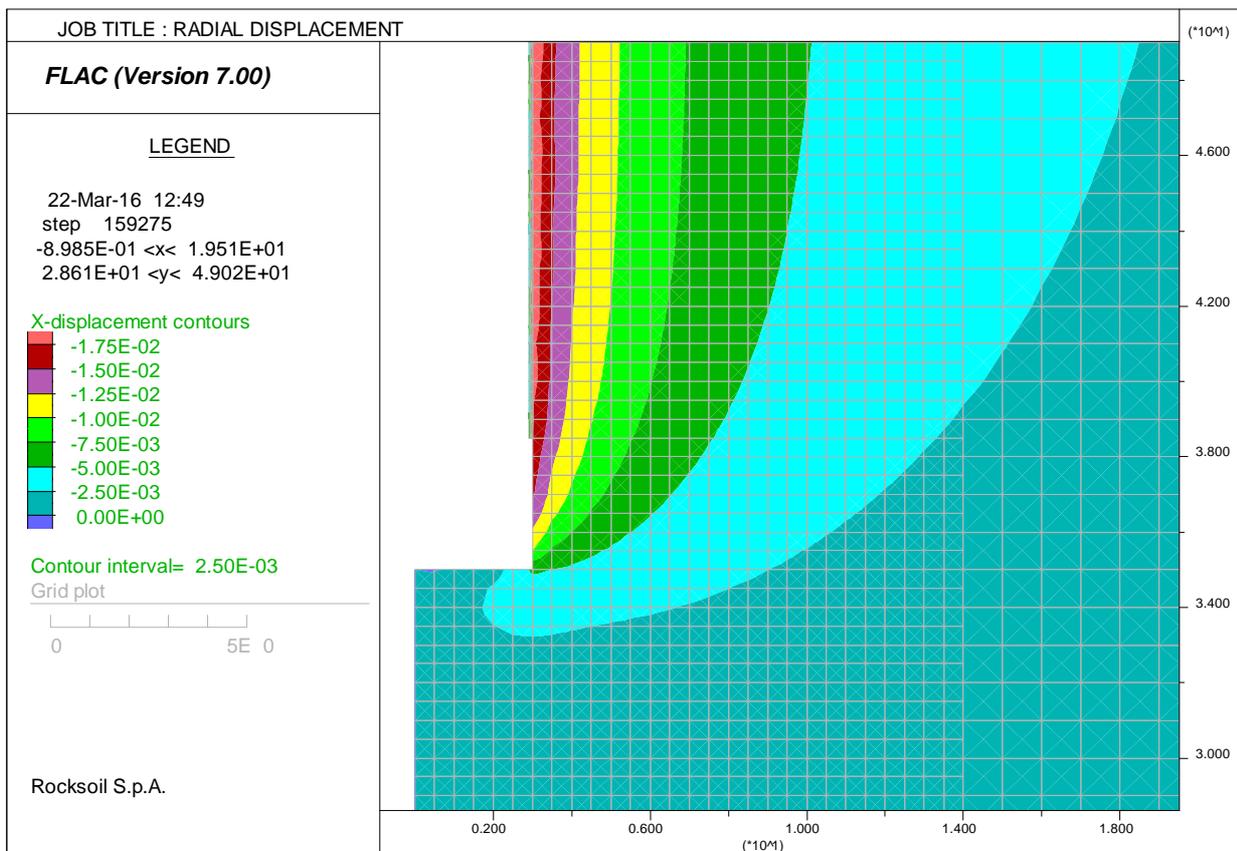
10.5. Modello 3: pozzo di areazione - profondità 390 m

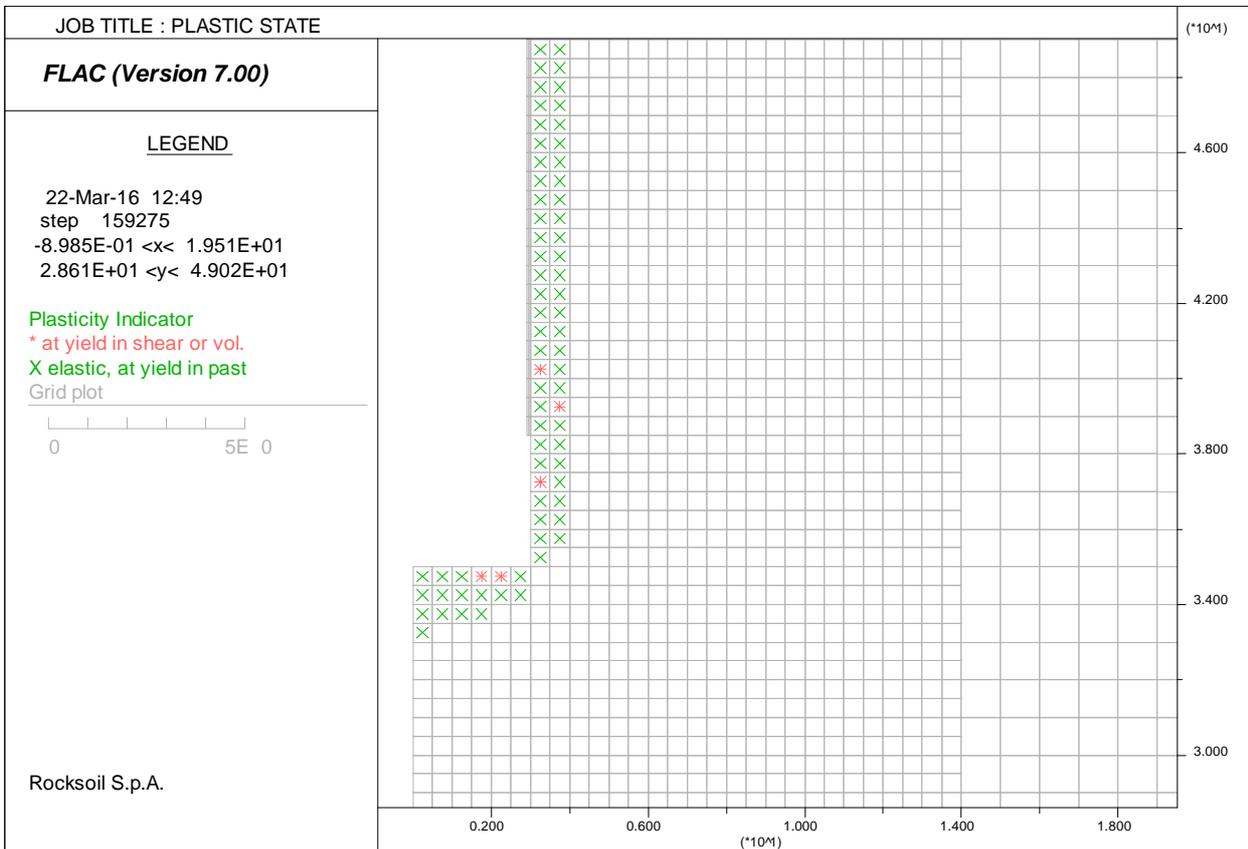
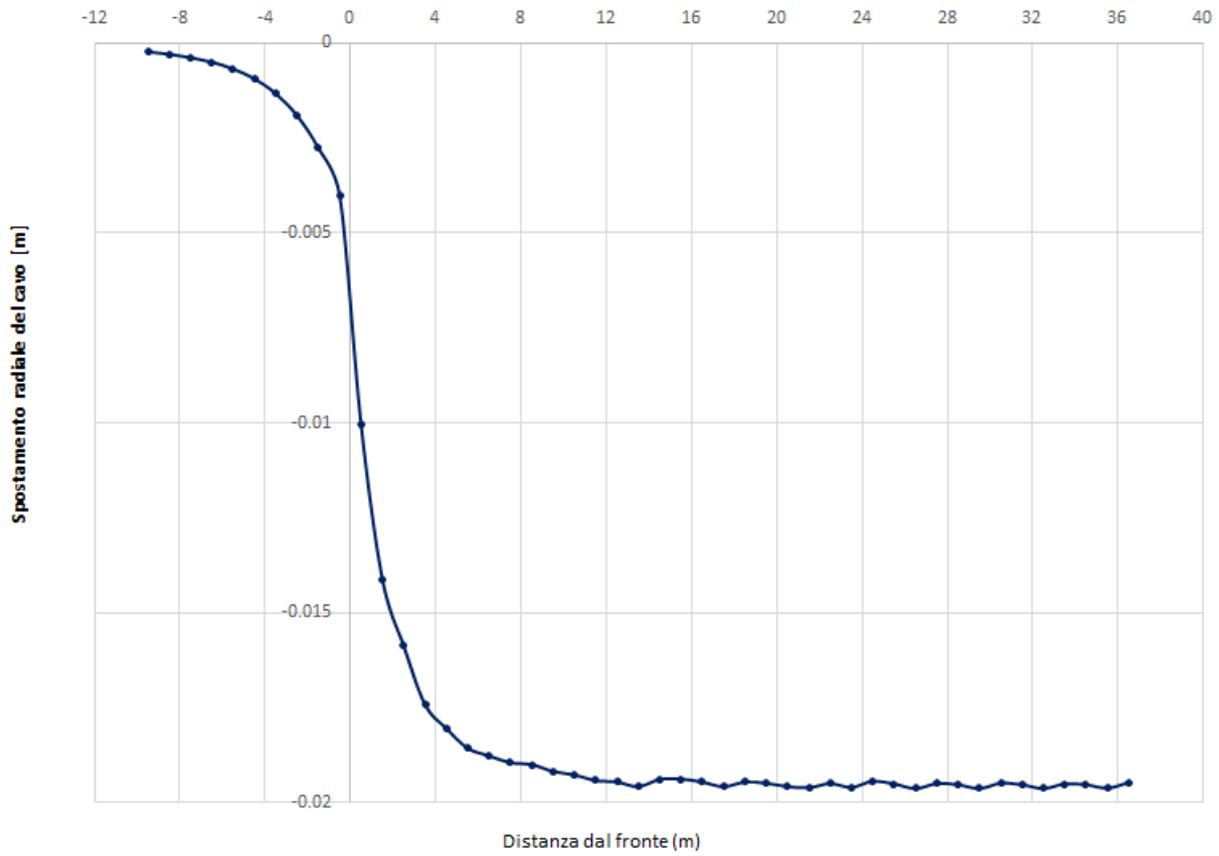
Nei paragrafi successivi sono forniti i risultati delle analisi numeriche condotte, in termini di stato deformativo e tensionale a carico dei rivestimenti e del contorno del cavo. Per ultimo sono condotte le verifiche di resistenza strutturale dei rivestimenti, secondo i criteri indicati ai §§ 10.1 e 10.2.

10.5.1. Analisi deformativa

Al termine della simulazione delle fasi di scavo e posa dei rivestimenti, lo spostamento radiale del cavo è inferiore a 2 cm (vedi *radial displacement plot*); l'andamento dello spostamento radiale del cavo all'aumentare della distanza dal fronte (posto all'ascissa $x = 0.0$ m) è indicato in figura seguente.

La fascia plastica nell'introno del cavo è limitata ad un metro di spessore mentre al fondo scavo si estende per massimo 4 m (vedi *plastic state plot*, in cui le zone del modello nell'intorno dello scavo hanno dimensione 0.5×0.5 m),.





10.5.2. Analisi Tensionale

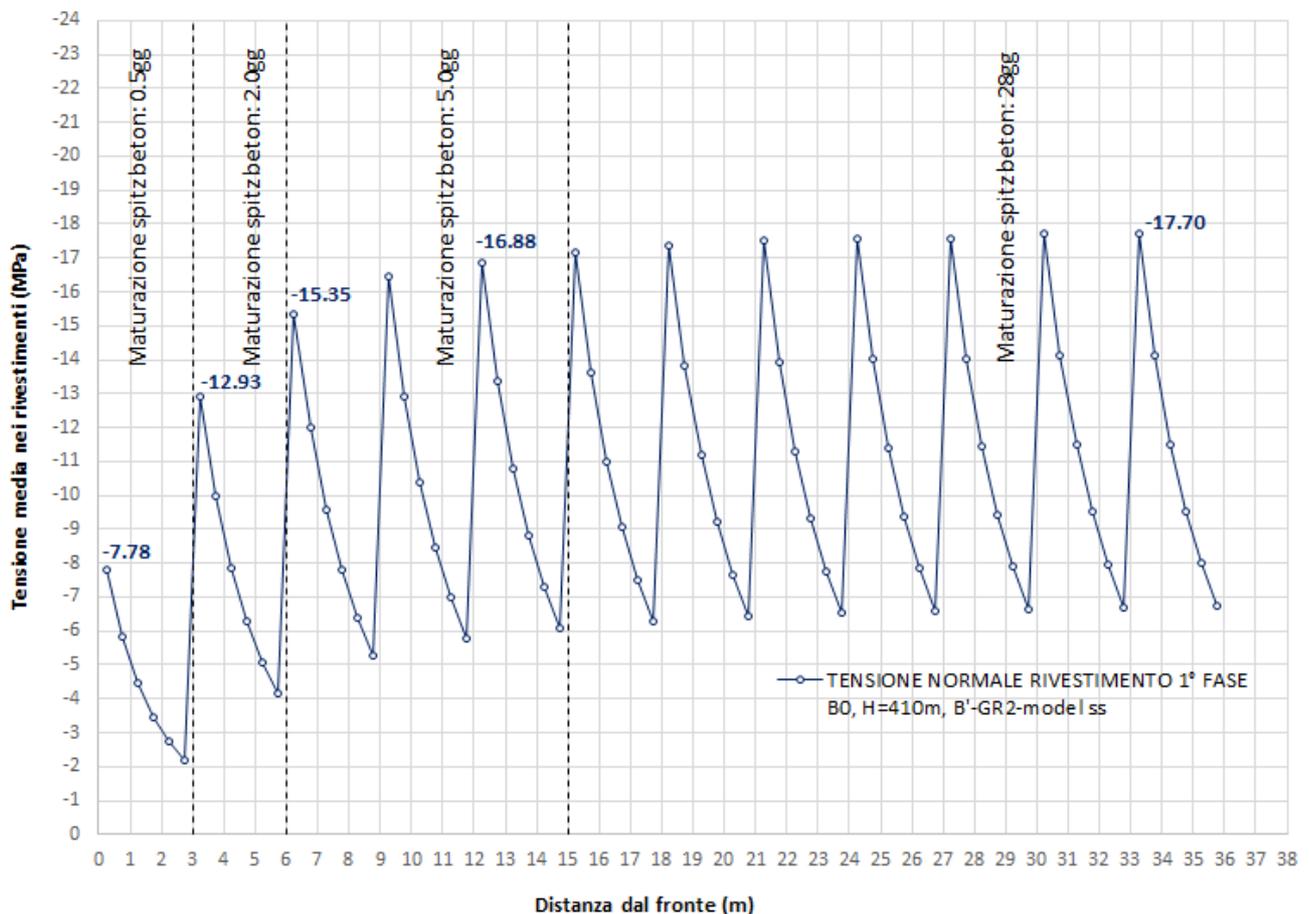
I risultati più significativi ottenuti dall'analisi tensionale relativa al rivestimento di prima fase e definitivo, sono indicati nelle figure e tabelle contenute nel presente paragrafo.

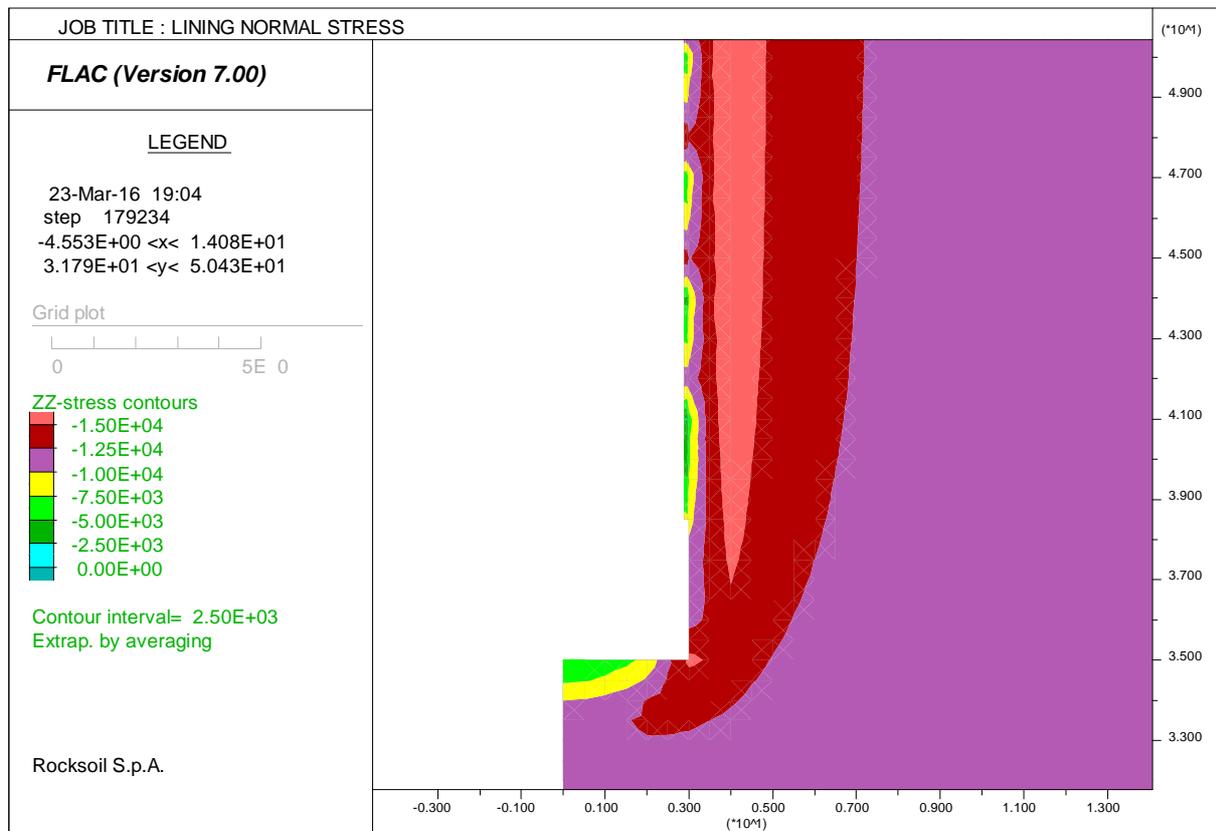
Rivestimento di prima fase

Le caratteristiche dei rivestimenti di prima fase previsti per lo scavo della sezione in esame sono descritti nella seguente tabella.

Spessore spritz beton (m)	Profilo centine (-)	Numero centine (-)	Passo centine (m)
0.10	UPN 120	1	1.0

Le tensioni normale media agente nel prerinvestimento risulta compresa tra 7 e 18 MPa circa in funzione della distanza dal fronte e dalla distanza di posa dal fronte a seguito dello sfondo; a seguito di ogni sfondo di 3 m, è modellata la posa del rivestimento di prima fase tramite sei zone di lunghezza 0.5 m ciascuna: la tensione normale massima tra le sei zone posate a seguito dello sfondo è massima in quella più prossima al fronte e minima in quella più distante. La tensione normale è negativa se di compressione.





Nella tabella sottostante viene riportato lo stato tensionale sullo spritz, prodotto dalla sforzo normale (N) agente sulla sezione composta spritz-beton-centina, considerando unicamente le condizioni più gravose per ogni fase di maturazione considerata. Lo spritz-beton è caratterizzato da una tensione normale massima di compressione inferiore a 15 MPa. Lo sforzo normale è negativo se di compressione.

Maturazione	c.d.s.	coeff. omogenizz.	Verifica tensionale spritz beton			Verifica tensionale centina		
	Nmax		n	σ_{sb}	$\sigma_{amm, sb}$	TSF	σ_s	$\sigma_{amm, sb}$	TSF
(gg)	(kN)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
0.5	- 778	49.00	- 2.95	- 3.07	0.96	- 144.60		0.76
2	- 1293	14.78	- 8.65	- 12.30	0.70	- 127.90		0.67
5	- 1688	9.57	- 12.79	- 14.61	0.88	- 122.4		0.64
28	- 1770	8.40	- 13.82	- 19.23	0.72	- 116.1	- 190	0.61

I tassi di sfruttamento dei materiali sono inferiori all'unità, indicando il soddisfacimento delle verifiche di resistenza condotte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 86 di 217

Rivestimento definitivo

La verifica è relativa alla fase di lungo termine, in cui si assume, cautelativamente, che lo sforzo normale massimo (N_{max}), agente sul rivestimento provvisorio al termine della fase di scavo, sia interamente trasmesso al rivestimento definitivo.

L'effetto del carico idraulico nel lungo termine, corrispondente ad un battente $H_w = 20$ m, è valutato con la formula di Mariotte e sommato allo sforzo normale agente nei rivestimenti definitivi.

$$\Delta p_w = \gamma_w \cdot H_w \cdot R = 0.6 \text{ MPa}$$

dove:

- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ peso di volume dell'acqua;
- $R = 3.0$ m raggio del rivestimento, assunto cautelativamente pari al raggio di scavo.

Lo sforzo normale Δp_w , si somma quindi al valore N_{max} trasmesso dal rivestimento di prima fase supposto defunzionalizzato nel lungo termine.

La classe di calcestruzzo considerata nelle verifiche è C25/30. La sezioni di calcolo sono provviste di armatura principale $\phi 16/20$ con copriferro pari a 5 cm. Considerata una armatura di ripartizione in barre $\phi 14/30$ e armatura trasversale in spilli $\phi 12/40 \times 60$, l'incidenza complessiva è prossima a 80 kg/m^3 .

c.d.s.			Verifica tensionale cls			Verifica tensionale barre		
N_{max}	Δp_w	N_{tot}	σ_{sb}	$\sigma_{amm,sb}$	TSF	σ_{sb}	$\sigma_{amm,sb}$	TSF
(kN)	(kN)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(-)
- 1770	- 600	- 2400	- 6.0	- 9.75	0.61	- 84	- 160	0.53

I tassi di sfruttamento dei materiali sono inferiori all'unità, indicando il soddisfacimento delle verifiche di resistenza condotte.

11. ANALISI DELLE INTERFERENZE

Lo scavo del tratto terminale pozzo e della cabina di collegamento procede in prossimità alla sezione Tipo 2 del camerone RFI; la distanza minima tra l'estradosso dei rivestimenti è minore di 0.50 m (Interferenza 1 in Figura 14). Lo scavo del by-pass di collegamento tra il pozzo e il binario pari della interconnessione sopra-attra-versa la sezione Tipo 2 del camerone RFI; in questo caso la distanza minima tra l'estradosso dei rivestimenti è di 8 m ca. (Interferenza 2 in Figura 14).

Si precisa che lo scavo del camerone lato binario pari è antecedente a quello delle opere afferenti alla WBS GN2R e che in corrispondenza della interferenza i rivestimenti definitivi del camerone sono previsti armati in piedritto e arco rovescio con almeno $\phi 16/20$ e $\phi 20/20$ rispettivamente.

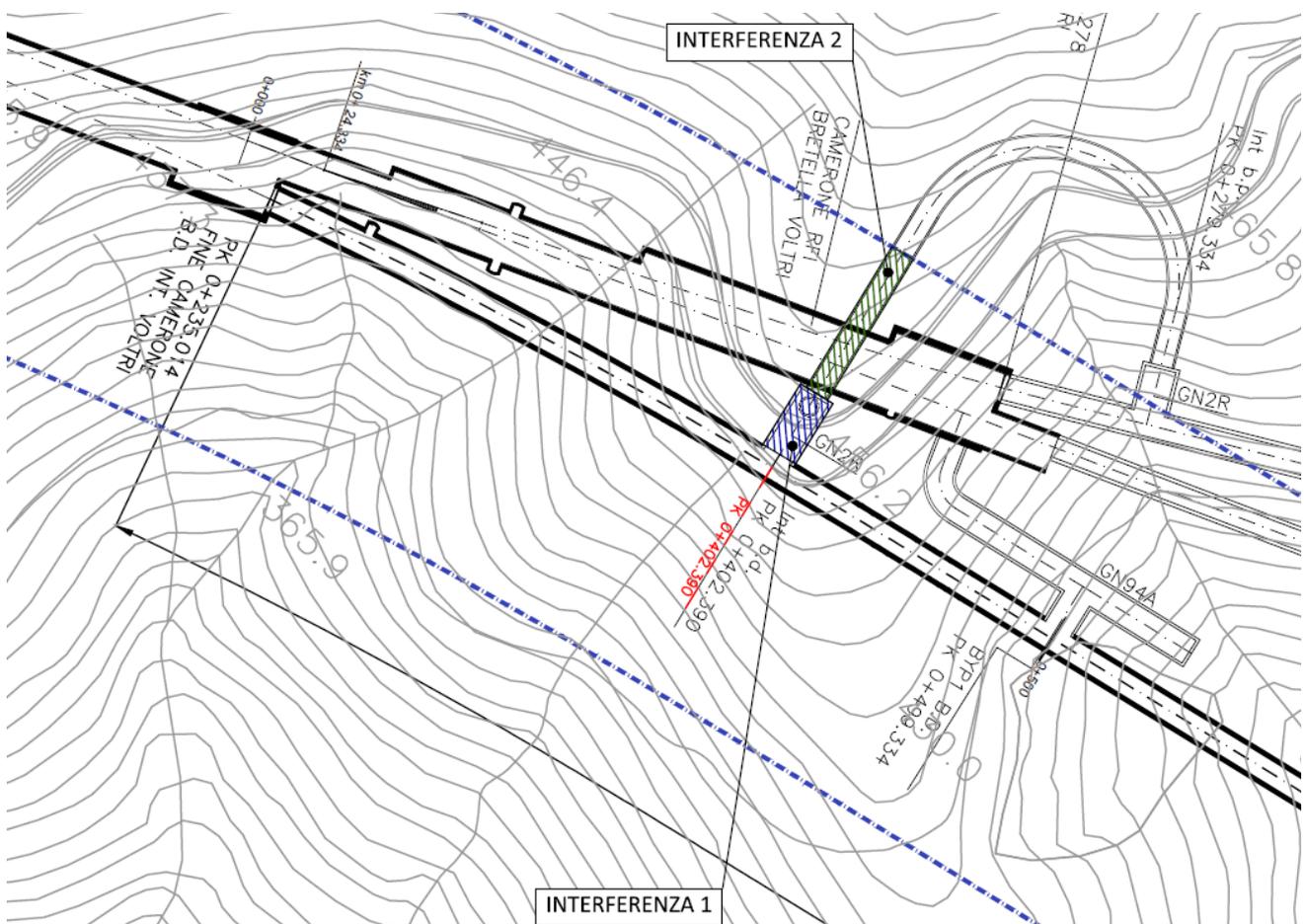


Figura 14. Dettaglio interferenze con opere in sotterraneo

Gli scavi della cabina lato b.d., e del tratto di by-pass interferente con il camerone RFI dovranno essere realizzati mediante l'utilizzo di tecniche a basso impatto vibrazionale. Tale risultato può essere conseguito tramite il ricorso a:

- microcariche;
- eventuale pre-splitting;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 88 di 217

- riduzione dello sfondo massimo a 1.20 m
- scavo con mezzi meccanici.

La limitazione del quantitativo di esplosivo da detonare simultaneamente e la creazione di apposite superfici libere di smorzamento sono, infatti, consentono di ridurre sensibilmente la propagazione delle vibrazioni verso le strutture esistenti. Si prevede inoltre il possibile ricorso a microcariche realizzate mediante l'utilizzo di agenti pirotecnici particolari, come ad esempio cartucce a bassa velocità di reazione (tipo "NONEX"). La velocità di reazione relativamente bassa rappresenta infatti un valore aggiunto in quanto, contenendo l'energia rilasciata alla sorgente, vengono limitate le sollecitazioni e quindi i disturbi ambientali e le vibrazioni indotte.

Per converso non sono riscontrate interferenze con opere di superficie.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 89 di 217

12. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

Finalità della presente paragrafo è chiarire la rispondenza del progetto alle finalità di intervento e specificare le modalità di applicazione delle sezioni tipo, previste per lo scavo delle opere afferenti alla WBS GN2R: in particolare:

- la prima parte è dedicata ai criteri che guidano l'applicazione in fase operativa delle sezioni tipo definite in fase di progetto (§ 12.1);
- la seconda parte descrive in dettaglio il campo di applicazione delle sezioni tipo previste in progetto, precisandone la variabilità degli interventi previsti e la definizione delle soglie di attenzione e allarme;
- la terza parte parte affronta specifici temi di carattere tecnologico e costruttivo e precisa i criteri per la risoluzione delle eventuali criticità che dovessero verificarsi in fase di scavo.

12.1. Criteri di applicazione delle sezioni tipo in fase operativa

Come illustrato nei precedenti capitoli, il progetto delle gallerie naturali, è stato sviluppato attraverso:

- la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geomeccaniche (fase conoscitiva);
- la previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi e la suddivisione del tracciato in sotterraneo in tratte a comportamento geomeccanico omogeneo in funzione dello stato tensionale agente e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (fase di diagnosi);
- l'individuazione delle sezioni tipo prevalenti (quelle che appaiono in percentuale maggiore sui profili geomeccanici delle gallerie naturali) in ogni tratta definita omogenea ed eventualmente anche di altre sezioni subordinate alle precedenti e previste lungo la tratta per situazioni differenti dalle precedenti: zone di faglia, zone di intensa fratturazione, elevata variabilità dei parametri geomeccanici, tratte a bassa copertura, morfologie particolari, condizioni idrogeologiche particolarmente critiche, possibili interferenze con le preesistenze di superficie (fase di terapia).

Le sezioni tipo prevalenti sono state verificate staticamente in varie condizioni tensionali e considerando parametri geomeccanici rappresentativi all'interno del "range" di valori indicati sui profili geologico-tecnici e geomeccanici per la tratta in esame. Da qui si è potuto dedurre, nell'ambito della sezione tipo prevista, l'applicazione delle variabilità previste per la sezione tipo stessa.

Come previsto dal progetto, le gallerie sono classificate in funzione del comportamento del cavo, con riferimento anche al fronte di scavo, distinguendo tre casi (categorie di comportamento):

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 90 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 90 di 217
Foglio 90 di 217		

- caso A, galleria a fronte e cavità stabili, caratterizzata da fenomeni deformativi che evolvono in campo elastico, immediati e di entità trascurabile;
- caso B, galleria a fronte stabile a breve termine e cavità instabile, caratterizzata da fenomeni di tipo elastico presso il fronte di scavo, che evolvono in campo elasto-plastico con l'avanzamento del fronte;
- caso C, galleria a fronte e cavità instabili, caratterizzata da fenomeni deformativi di tipo plastico fino al collasso che coinvolgono anche il fronte di scavo.

Con le presenti “linee guida” s’intende creare uno strumento che definisce quali saranno i criteri che il progettista adotterà in corso d’opera per:

- confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati “profili geomeccanici”;
- variare quegli interventi che, senza alterare strutturalmente le caratteristiche finali dell’opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi, come noto, sono dipendenti sia dalla natura dell’ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti, così come da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);
- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

Per la gestione di tali “linee guida” sarà necessaria la conoscenza dei seguenti elementi e la messa in atto delle seguenti attività sistematiche:

- formazione geologica e coperture in esame;
- raccolta dei dati geologici e geomeccanici rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione dell’ammasso in esame evidenziandone l’intrinseca complessità caratteristica delle formazioni. Oltre i parametri di resistenza e deformabilità tale caratterizzazione deve inoltre contenere le informazioni geostrutturali e di carattere qualitativo che risultino essere necessarie a completare la descrizione ai fini progettuali e a comprendere il reale comportamento dell’ammasso allo scavo;
- raccolta dei dati riguardanti le deformazioni superficiali e profonde del fronte (estrusioni) e al contorno del cavo (convergenze) durante l’avanzamento. Si valuta il comportamento dell’ammasso precedentemente descritto sottoposto ai reali stati tensionali e all’azione combinata delle operazioni di scavo e di messa in opera degli interventi di stabilizzazione previsti dalla sezione tipo adottata;
- registrazione attraverso osservazioni dirette di tutte le reali fasi di avanzamento tra le quali è opportuno evidenziare: distanza dal fronte di messa in opera dei rivestimenti e la successione delle fasi di consolidamento etc...;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5105ECVROGN2R00002A <div style="float: right;">Foglio 91 di 217</div>

- raccolta dei dati relativi a sezioni di monitoraggio esterne (ad esempio nel sotto-attraaversamento di edifici).

Nelle presenti linee guida sono descritti alcuni parametri essenziali, riscontrabili al fronte, caratterizzanti l'ammasso per i comportamenti A, B, C. Per ogni sezione tipo sono state definite delle soglie di "attenzione" ed "allarme" inerenti alle deformazioni del fronte e del cavo, a cui far corrispondere quantità maggiori o minori di interventi o il cambio di sezione tipo. E' evidente che tali valori di deformazioni ipotizzati non vanno intesi come l'unica informazione che possa incidere sulle scelte già adottate per una determinata tratta, poiché le scelte progettuali sono state fatte tenendo conto di un insieme di elementi, illustrati nello sviluppo di tutto il progetto, più significativi del solo parametro deformativo; codesti valori servono soltanto a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni già indicate in progetto.

Solo quando saranno osservate situazioni geologiche/geomeccaniche sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti o non tendenti alla stabilizzazione nel tempo o valori deformativi (entità e/o direzione) anomali, il progettista potrà adottare una sezione diversa da quella prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sui profili geomeccanici del progetto esecutivo.

Qualora si verifichi il solo superamento della soglia di attenzione, senza il superamento della soglia di allarme, si potranno allora modificare gli interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in progetto, secondo quanto riportato nella "variabilità sezione tipo" tenendo peraltro conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo. La variabilità è anche legata agli stati tensionali, ovvero alle coperture ed alla presenza d'acqua; la stessa sezione tipo, a coperture e/o parametri geomeccanici diversi, potrà avere un'intensità d'interventi di contenimento e pre-contenimento differenziati. Si sottolinea inoltre che la variabilità risulta anche legata alle misure delle sezioni di monitoraggio esterne, i valori di subsidenza misurati sul piano campagna potranno portare ad una modifica degli interventi di consolidamento.

Qualora il contesto riscontrato non corrisponda a nessuno di quelli ipotizzati nella tratta in esame e di conseguenza nessuna delle sezioni previste può essere applicata, il progettista individuerà attraverso i medesimi strumenti citati precedentemente una diversa sezione tipo tra quelle già presenti nel progetto esecutivo ed applicate in altre gallerie qualora il contesto sia analogo ad altri presenti lungo il tracciato e descritti nei profili geomeccanici del progetto esecutivo. Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevedibile, qualora non vi siano analogie possibili lungo il tracciato e qualora la situazione in analisi esuli dalle presenti linee guida, potranno essere applicate sezioni tipo non previste dal presente progetto la cui tipologia dovrà essere concordata con l'ente appaltante.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 92 di 217

12.1.1. Definizione delle caratteristiche geomeccaniche

Gli ammassi rocciosi e i terreni incontrati lungo il tracciato sono descritti sulla base delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche individuate in progetto.

Per comodità di rappresentazione gli ammassi incontrati lungo il tracciato sono raggruppati in "gruppi geomeccanici". Ciò è legato alla variabilità delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di alcune formazioni geologiche. Tale variabilità può essere legata alla stessa natura geologica (cicli di deposizione/erosione) alle coperture in esame, alla presenza o meno di acqua, alla vicinanza di altre formazioni geologiche. In linea generale l'ammasso interessato da uno scavo in sotterraneo può comportarsi in modo differente anche alle stesse coperture in esame. Da qui nasce la necessità di suddividere in gruppi i parametri geotecnici/geomeccanici ove possibile e/o significativo. Ciò consente di ipotizzare un susseguirsi discontinuo di comportamento allo scavo legato ad una serie di fattori difficilmente correlabili tra loro.

A ciascuna formazione sono stati attribuiti, in sede di progetto, campi di variazione dei principali parametri geomeccanici; tali campi tengono conto sia delle diverse configurazioni che una formazione può presentare nell'ambito dello stesso gruppo sia delle diverse coperture in esame.

Tali campi di variazione individuano così una "fascia intrinseca", compresa tra la curva di resistenza inferiore e la curva di resistenza superiore, che definisce univocamente ciascuna porzione di ammasso da un punto di vista geomeccanico.

Nel corso dei lavori gli ammassi rocciosi e i terreni verranno descritti sulla base delle caratteristiche litologiche, geostrutturali, geomeccaniche e idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria attraverso rilievi analitici (prove in situ e/o di laboratorio) e rilievi speditivi.

In riguardo alla parametrizzazione dell'ammasso al fronte, ossia per la definizione della sua curva intrinseca, non si farà ricorso a nessun tipo di classificazione ma a valutazioni dirette attraverso determinazioni sperimentali (prove in situ e/o laboratorio) durante i rilievi analitici.

Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal programma di monitoraggio tramite l'impiego di un'apposita scheda su cui riportare i dati rilevati e gli indici valutati secondo le prescrizioni ISRM, International Society of Rock Mechanics. In particolare, si distinguono due tipi di rilievi:

- a) rilievi analitici che prevedono la compilazione completa della scheda citata e l'eventuale esecuzione di prove e determinazioni in situ e/o di laboratorio. Tali rilievi sono previsti agli imbocchi, in concomitanza dei passaggi stratigrafici e tettonici significativi e comunque secondo le frequenze indicate dal programma di monitoraggio;
- b) rilievi speditivi che prevedono in particolare il rilievo pittorico del fronte di scavo. Si tratta di un rilievo di tipo qualitativo e di confronto con quello analitico dell'ammasso in esame che consente comunque al progettista di valutarne le caratteristiche principali.

I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono di evidenziare qualitativamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi nell'ambito di uno stesso gruppo, definito dalla propria fascia intrinseca, come descritto a titolo esemplificativo nei punti seguenti:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 93 di 217

- un ammasso che si presenta detensionato evidenzierà valori dei parametri geomeccanici del relativo gruppo prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- un ammasso che al contrario si presenta competente evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi alla curva intrinseca superiore;
- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi ma soprattutto in presenza di litologie ricche di minerali argillosi, si riscontrano valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- nei terreni eterogenei, il rapporto tra i litotipi più granulari e più fini determina il rapporto tra i valori di angolo d'attrito e coesione, quindi diversi andamenti della curva intrinseca;
- in un ammasso stratificato sollecitato in campo elastico una sfavorevole anisotropia strutturale gioca un ruolo determinante comportando valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- al contrario in un ammasso stratificato con stati tensionali più elevati che lo sollecitano in campo elasto-plastico, l'effetto di una sfavorevole anisotropia strutturale è inferiore e il comportamento può essere meglio rapportato a un mezzo omogeneo.

12.1.2. Risposta deformativa del fronte e del cavo

La risposta deformativa del fronte e del cavo rilevabile in corso d'opera, unitamente ai rilievi anzidetti, ha lo scopo di verificare la validità delle sezioni adottate e previste in progetto in termini di:

- tipologia ed intensità degli interventi di 1^a fase;
- fasi esecutive e cadenze di avanzamento.

Essa dipende dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso in rapporto agli stati tensionali indotti all'atto dello scavo; il progetto definitivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale e di estrusione attesi per ogni sezione tipo.

Tali valori, riferiti al diametro e riportati nel progetto, effettivamente misurabili in corso d'opera sono dati da:

$$\delta = \delta_f - \delta_o$$

dove:

- δ_o = deformazione iniziale al fronte e non misurabile in galleria;
- δ_f = deformazione finale lontano dal fronte, a distanze tipicamente superiori a 2ϕ o da definirsi sulla base delle esperienze e dati raccolti.

La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto del monitoraggio e nei profili geomeccanici.

Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo viene condotto utilizzando delle apposite schede all'interno delle quali è possibile leggere la risposta deformativa in funzione della distanza del fronte e dei rivestimenti.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 94 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 94 di 217
Foglio 94 di 217		

Le risultanze di questi rilievi forniscono la reale risposta deformativa del fronte e del cavo. Tale risposta consente di valutare come quei fattori, difficilmente schematizzabili e prevedibili a priori ma sempre presenti in natura, agiscono sul comportamento del cavo previsto in via teorica nel progetto.

Tali rilievi consentiranno di verificare qualitativamente lo stato tensionale agente sul cavo mediante la ricostruzione della deformata:

- valori delle deformazioni radiali omogenei nei punti rilevati evidenziano uno stato tensionale di tipo isotropo ($K \approx 1$);
- valori delle deformazioni radiali diversi nei punti rilevati evidenziano stati tensionali diversi da quello isotropo ($K \neq 1$), che si verificano in corrispondenza di:
 - a) zone fortemente tettonizzate ed in presenza di lineamenti tettonici per cui gli stati tensionali possono subire forti alterazioni con orientazioni comuni alle azioni tettoniche principali;
 - b) in corrispondenza di zone corticali e/o parietali dove gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;
 - c) all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione;
 - d) qualora il fronte di scavo si presenti "parzializzato" ovvero siano presenti due formazioni di diversa natura e comportamento;
 - e) in presenza di stratificazioni e comunque per coperture confrontabili con il diametro della galleria.

12.1.3. *Fasi esecutive e cadenze di avanzamento*

Il progetto definisce per ogni sezione le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento, fornendo in particolare le distanze massime dal fronte di avanzamento entro cui porre in opera gli interventi di contenimento di prima e seconda fase (rivestimento di 1a fase, arco rovescio e rivestimento definitivo).

Come accennato, nel corso dei lavori il rilievo delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento viene condotto secondo particolari schede riportanti ogni dettaglio esecutivo. Tale procedura viene effettuata al fine di correlare l'andamento delle deformazioni con le fasi lavorative.

Le risultanze di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi e delle cadenze di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo descritta nel paragrafo precedente (ad esempio una più efficace regimazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta rinforzando gli interventi di preconsolidamento al fronte o in alcuni casi avvicinando gli interventi di contenimento quali murette e arco rovescio al fronte).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 95 di 217

12.1.4. Procedura di applicazione sezioni tipo e relative variabilità

Il progetto, attraverso la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato e la successiva fase di previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi, ha definito le tratte a comportamento geomeccanico omogeneo attribuendone la relativa categoria di comportamento (A,B,C).

All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto, sono state definite nel profilo geomeccanico le sezioni tipo e le relative percentuali di applicazione in funzione delle caratteristiche geologiche dell'ammasso in esame e del grado di instabilità del fronte di avanzamento.

Una volta verificata la rispondenza con le ipotesi di progetto, riguardo alla situazione geologico-geomeccanica e agli stati tensionali con i criteri descritti nei paragrafi precedenti, si procede alla scelta e all'applicazione della sezione tipo prevista per la tratta in esame.

In conformità con i criteri indicati nei paragrafi precedenti verranno raccolti durante gli avanzamenti i dati riguardo alle condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di avanzamento, la risposta deformativa del fronte e del cavo, le fasi e le cadenze di avanzamento. La loro elaborazione consentirà di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto e di procedere conseguentemente alla gestione del progetto secondo i punti di seguito indicati:

- se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa si mantengono all'interno dei valori previsti, si prosegue con l'applicazione della sezione in corso di esecuzione;
- se la risposta deformativa manifesta la tendenza al miglioramento o al raggiungimento della soglia di attenzione del campo ipotizzato, tendenza confermata dall'evidenza dei precedenti rilievi geologici/geotecnici/geomeccanici, il progettista definirà se procedere alla modifica della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, del rivestimento definitivo e/o alla modifica dell'intensità degli interventi mantenendosi nell'ambito dei range di variabilità previsti per la sezione adottata;
- se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevate al fronte di avanzamento manifestano un miglioramento, ovvero un peggioramento rispetto al rilievo precedente (pur rimanendo nell'ambito dei parametri caratterizzanti la tratta), il progettista valuta la possibilità di procedere alla modifica dell'intensità degli interventi nell'ambito degli intervalli di variabilità previsti per quella sezione e di seguito descritti, anche con modeste variazioni dei parametri deformativi (ad esempio in categoria di comportamento B0 la struttura dell'ammasso gioca un ruolo determinante ai fini della definizione dell'intensità degli interventi di 1a fase, anche a fronte di deformazioni trascurabili).

I valori e le misure registrate in corso d'opera dovranno essere interpretate globalmente osservando il loro andamento; eventuali oscillazioni anomale delle misure, attribuibili ad un malfunzionamento o ad un incorretto posizionamento dello strumento di misura, dovranno essere escluse.

Nell'ambito di una stessa tratta a comportamento geomeccanico "omogeneo" possono essere presenti diverse sezioni tipo, oltre a quella prevalente la cui percentuale di applicazione è definita in progetto in funzione di:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 96 di 217

- caratteristiche geologiche e geostrutturali dell'ammasso,
- caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche dell'ammasso,
- stato tensionale agente,
- possibili disturbi di natura tettonica

Quando le situazioni geologiche/geomeccaniche osservate risultano sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e le deformazioni sono al di fuori dei campi previsti, si procede al passaggio ad una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto per quella tratta.

Qualora la situazione riscontrata non corrisponda a nessuna di quelle ipotizzate nella tratta in esame e di conseguenza nessuna delle sezioni tipo previste possa essere adottata, si procederà all'adozione di una diversa sezione tipo, non prevista in quella tratta, ma già prevista in progetto in altre gallerie in contesti analoghi. Nel passaggio da una sezione ad un'altra con differenti limitazioni esecutive si procederà con l'adeguamento, possibilmente in modo graduale, in modo da evitare la perdita della continuità operativa del cantiere. In questa ottica, nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e quindi tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 97 di 217

12.2. Campo di applicazione delle soluzioni progettuali e variabilità degli interventi

Come dettagliatamente descritto al § 8.2, gli interventi definite in fase di terapia per la realizzazione delle opere afferenti alla WBS GN2R sono i seguenti:

- scavo delle cabine di collegamento in sezione B0 e rivestimenti definitivi in calcestruzzo non armato, con distanza massima di getto svincolata;
- scavo del by-pass di collegamento in sezione B0 e rivestimenti definitivi in calcestruzzo non armato, con distanza massima di getto compresa tra 9 ÷ 15 diametri;
- scavo del pozzo di areazione con consolidamento dal piano campagna, interventi di contenimento del cavo e rivestimenti definiti in calcestruzzo armato con distanza di getto svincolata.

Gli interventi definiti per ciascuna delle opere afferenti alla WBS GN2R, sono da intendersi come valori “medi”, da applicare qualora l’ammasso risultasse dotato delle caratteristiche previste per il “Basalto fratturato”: In tali condizioni all’ammasso è associabile GSI prossimo a 45, il grado di fratturazione è basso o medio e le fratture sono persistenti, con giunti serrati poco aperti (riempimento assente o compatto < 5 mm); la geometria delle discontinuità di ammasso risulta essere neutra e il fronte di scavo si presenta stabile/stabile a breve termine. In tali condizioni l’avanzamento con mezzi meccanici può risultare difficoltoso (possibile impiego di esplosivo). La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori ottenuti dalle analisi (< 4 cm). In questo contesto geomeccanico e deformativo, per le cabine e il by-pass di collegamento è prevista l’applicazione della sezione tipo B0.

In corso d’opera potrà poi essere verificata l’adeguatezza degli interventi definiti in fase progettuale, sulla base dei rilievi geomeccanici del fronte e del comportamento deformativo del cavo (convergenze), oltre che delle misure tensionali eseguite sui prerivestimenti e sui rivestimenti definitivi, in rapporto alle lavorazioni condotte secondo le fasi e cadenze prestabilite nel progetto. Gli elementi raccolti in fase di scavo permetteranno infatti di confermare gli interventi previsti, o viceversa variargli secondo le indicazioni contenute nelle tabelle seguenti.

BY-PASS DI COLLEGAMENTO				
SEZ. TIPO	INTERVENTI	MINIMA	MEDIA	MASSIMA
B0	Centine (HEA)	160	160	160
	Passo centine (m)	1.4	1.2	1.0
	Spessore s.b. (cm)	20	20	25
	Distanza max getto a.r	12Ø	9Ø	3Ø
	Distanza max getto murette	15Ø	12Ø	6Ø
	Distanza max getto calotta	svincolata	15Ø	9Ø

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 98 di 217

CABINE DI COLLEGAMENTO				
SEZ. TIPO	INTERVENTI	MINIMA	MEDIA	MASSIMA
B0	Centine (HEB)	200	200	200
	Passo centine (m)	1.4	1.2	1.0
	Spessore sb (cm)	20	20	25
	Distanza max getto a.r	svincolata	svincolata	2Ø
	Distanza max getto murette	svincolata	svincolata	3Ø
	Distanza max getto calotta	svincolata	svincolata	svincolata

POZZO DI AREAIONE				
SEZ. TIPO	INTERVENTI	MINIMA	MEDIA	MASSIMA
-	Passo centine (m)	1.2	1.0	0.8
	Spessore s.b. (cm)	10	10	15
	Distanza max getto contropareti	svincolata	svincolata	svincolata

12.2.1. Applicazione di una diversa sezione tipo

Nei paragrafi precedenti è precisato che se il contesto geomeccanico e la risposta tensio-deformativa allo scavo non fossero quelli previsti in fase progettuale, si potrà procedere ad una variazione degli interventi, all'interno dei range di variabilità definiti.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo o applicare tipologie di interventi non previsti in fase progettuale.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto esecutivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 99 di 217

12.3. Soglie di attenzione e allarme

I dati ottenuti dal monitoraggio dello stato tenso-deformativo tramite strumentazione topografica, sono confrontati con valori di soglie delle grandezze monitorate, così da evidenziare l'instaurarsi di situazioni deformative e/o tensionale non previste in progetto. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo, in funzione dei valori di soglia definiti, sono attuate eventuali azioni e contromisure, valutando ad esempio l'opportunità di proseguire con la sezione applicata o eventualmente modificarla, secondo i criteri preindicati nel progetto. I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dalle analisi condotte ai paragrafi precedenti, in termini di parametri tenso-deformativi a carico dell'ammasso e dei rivestimenti. I valori di soglia sono definiti come:

- *soglia di attenzione*: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero risultare incontrollabili;
- *soglia di allarme*: definita in funzione del livello deformativo e tensionale più gravoso per una determinata situazione. Il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le tabelle seguenti definiscono, per ciascuna opera afferente alla WBS GN2R, le soglie di attenzione e di allarme relative alla risposta deformativa allo scavo dell'ammasso e del prerivestimento.

CABINE E BY PASS DI COLLEGAMENTO					
CARATT. GALLERIA		SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO	CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
B'- fratturato	B0	2-4	4-6	-	-

Tabella 17. Soglie di attenzione e allarme

Come indicato nel profilo geomeccanico, è necessario prevedere extra-scavi durante l'avanzamento al fine di ridurre eventuali sottospessori dovuti alle convergenze attese.

Le soglie di attenzione e di allarme relativo al rivestimento di prima fase del pozzo, dovranno essere definite durante le lavorazioni, essendo lo spostamento misurato sensibilmente legato alla fase di installazione della mira stessa.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 100 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 100 di 217
Foglio 100 di 217		

12.4. Tecnologie alternative e prescrizioni

Nei seguenti paragrafi sono affrontati specifici temi di carattere tecnologico e costruttivo e precisa i criteri per la risoluzione delle eventuali criticità che dovessero verificarsi in fase di scavo.

12.4.1. *Pre-spritz al fronte e al contorno – funzione e sua applicazione*

Per tutte le sezioni tipo di scavo, al termine dello sfondo e prima di porre in opera gli interventi di prima fase, dovrà essere eseguito un accurato disgrego di tutte le porzioni instabili e si dovrà procedere alla posa in opera dello spritz beton di protezione fibrorinforzato sulle superfici fresche di scavo (fronte e contorno del cavo).

L'applicazione dello spritz beton fibrorinforzato di protezione ad ogni sfondo è deputato a svolgere la funzione di protezione del fronte e del contorno dall'umidità dell'aria e di trattenuta del materiale minuto (non ha funzione strutturale e quindi non è dimensionabile lo spessore).

L'applicazione dello strato di pre-spritz è da porsi a carico dell'impresa esecutrice dei lavori. Il pre-spritz, dovrà essere inglobato e far parte integrante del priverivestimento progettuale.

12.4.2. *Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton*

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione delle gallerie naturali è previsto per l'esecuzione del priverivestimento l'impiego di calcestruzzo proiettato, armato con centine metalliche e rete oppure con centine metalliche e fibre in acciaio.

Entrambe le tecnologie della rete e del fibrorinforzato risultano perfettamente equivalenti dal punto di vista prestazionale seppure caratterizzate da parametri di qualificazione diversi e da una differente modalità di messa in opera.

Coerentemente con ciò, nelle tavole di progetto è stata volutamente lasciata la possibilità di alternativa tra le due tecniche di armatura essendo stata verificata l'equivalenza progettuale.

La scelta tra l'utilizzo di fibre o di rete elettrosaldata verrà operata in cantiere in base alle reali condizioni operative dello scavo, in funzione di quanto precedentemente detto. Qualora l'ammasso presenti caratteristiche geomeccaniche migliori di quanto preventivato sarà possibile proteggere il fronte di scavo ricorrendo all'uso di spritz-beton semplice (non armato né fibrorinforzato).

12.4.3. *Distanze di getto dei rivestimenti definitivi*

Le distanze di getto del rivestimento vengono misurate a partire dal fronte di scavo e sono relative ad arco rovescio, murette e calotta. Esse sono funzione della risposta tenso/deformativa del cavo nonché di specifiche situazioni locali riguardanti le singole gallerie.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 101 di 217

In linea generale, il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire contemporaneamente solo in casi particolari, da valutarsi in corso d'opera; sempre in linea generale, si potrà effettuare un getto separato di arco rovescio e murette, avendo comunque cura di realizzare le murette il più vicino possibile al fronte di scavo, onde ottenere una più rapida stabilizzazione delle convergenze.

La distanza di getto della calotta sarà anch'essa funzione delle condizioni generali d'ammasso. Per ammassi che si trovino in condizioni geomeccaniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tenso/deformativi sarà necessario portare il getto della calotta il più possibile vicino al fronte (variabilità minima); in ammassi che presentino discrete caratteristiche geomeccaniche o bassi valori tenso/deformativi si potrà invece utilizzare come distanza di getto la distanza massima prevista all'interno del range di variabilità di detta sezione tipo (variabilità massima); infine se l'ammasso si presenta in condizioni simili a quelle previste in progetto, si procederà ad utilizzare la distanza media all'interno del range di variabilità previsto.

Le distanze di getto sono funzione della tipologia d'ammasso nonché delle convergenze misurate in galleria o all'esterno, e dei valori di estrusione al fronte; in linea generale dovrà essere applicata la distanza minima qualora le deformazioni misurate risultino comprese tra la soglia di attenzione e la soglia di allarme stabilite nel presente documento, e/o nel caso in cui i parametri geomeccanici riscontrati in fase di esecuzione dei lavori si collochino verso l'estremo inferiore del range di variabilità del rispettivo gruppo geomeccanico.

La distanza "massima" all'interno del range di variabilità potrà essere generalmente applicata qualora le convergenze misurate e le estrusioni risultino al di sotto della soglia di attenzione, e qualora i parametri geomeccanici si collochino verso l'estremo superiore del range di variabilità del gruppo geomeccanico.

La distanza di getto dei rivestimenti definitivi rispetto al fronte dovrà comunque rispettare tendenzialmente la massima distanza prevista per la sezione tipo in esame; il progettista potrà valutare in corso d'opera la possibilità di aumentare ulteriormente le distanze massime progettuali; situazioni locali e particolari verranno valutate di volta in volta.

Per quanto concerne i valori numerici delle distanze di getto relativamente ad ogni sezione tipo si vedano i relativi paragrafi, mentre per le corrispondenti variabilità suggerite si vedano le tabelle allegate.

12.4.4. *Resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative*

Per quanto riguarda il calcestruzzo che costituisce il riempimento dell'arco rovescio, si prevede di poter transitare sul cls quando sia stata raggiunta una resistenza minima di 4 MPa a compressione, ferma restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto. Nel caso fosse necessario transitare prima del raggiungimento di tale resistenza, il cls sarà opportunamente protetto da elementi ripartitori, tali da scaricare una pressione congrua per le caratteristiche di resistenza misurata a quella data di maturazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 102 di 217

Per quanto riguarda il calcestruzzo di calotta, fermo restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto, si prescrive che il disarmo del getto non avvenga prima che il calcestruzzo stesso abbia raggiunto una resistenza di almeno 8 MPa (a meno di condizioni di spinta d'ammasso particolari).

12.4.5. Soglie d'attenzione e d'allarme

In corso d'opera è prevista la possibilità di ritardare i valori numerici delle "soglie" di attenzione e di allarme previsti. In questa fase le soglie risultano necessariamente derivate da parametrizzazioni geomeccaniche, schemi e modelli di calcolo basati sui dati ad oggi disponibili; per tali motivazioni i valori di soglia indicati in questa prima fase risultano indicativi e solo in fase di scavo gli stessi potranno essere ridefiniti più adeguatamente.

12.4.6. Criticità

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati ad oggi disponibili. Qualora dovessero verificarsi, in fase di scavo, condizioni geomeccaniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno, etc.) diverse da quanto oggi ipotizzabile in base ai dati raccolti e disponibili, sarà necessario procedere ad una rivisitazione degli interventi, in particolar modo delle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

Inoltre sarebbe opportuno intensificare gli interventi di consolidamento delle sezioni tipo se dovessero manifestarsi problematiche locali durante gli scavi di avanzamento (quali splaccaggi del fronte e/o della calotta, situazioni geologiche puntuali, etc). La valutazione delle modifiche necessarie sarà compiuta dal progettista in funzione di quanto osservato e registrato nel corso degli scavi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 103 di 217

13. MONITORAGGIO DEL BY-PASS E DELLE CABINE DI COLLEGAMENTO

In accordo con i principi del ADECO-RS, lo scopo del monitoraggio è quello di controllare l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali. I risultati del monitoraggio permettono quindi a progettista e Direzione Lavori da un lato di garantire la sicurezza degli scavi e dall'altro di controllare l'adeguatezza del progetto e la sua ottimizzazione, in rapporto alle condizioni realmente incontrate, valutando l'opportunità di proseguire con la sezione applicata o eventualmente modificarla, secondo i criteri preindicati nel progetto.

Il piano di monitoraggio del by-pass e della cabina di collegamento prevede il ricorso a strumentazione topografica disposta a formare stazioni di misura distribuite lungo il tracciato.

L'ubicazione delle stazioni di monitoraggio è funzione delle condizioni geomeccaniche definite in fase progettuale, mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

In galleria naturale la strumentazione impiegata per il monitoraggio del prerivestimento consiste in:

- misura dello stato tensionale agente tramite celle di carico e barrette estensimetriche a corda vibrante;
- mire topografiche per misure di convergenza.

Infine, le condizioni dell'ammasso al fronte di scavo sono oggetto di specifici rilievi, al fine di prevederne la risposta nei successivi campi di scavo.

Relativamente al piano di monitoraggio del by-pass e della cabina di collegamento, la tabella seguente contiene la sintesi della strumentazione prevista; nei paragrafi che seguono vengono invece indicate le relative specifiche tecniche e le modalità operative.

Strumentazione	Frequenza (m)	n° stazioni
Stazioni di misura dello stato tensionale del prerivestimento - celle di carico e barrette estensimetriche -	tratti a massime coperture	2
Rilievi geomeccanici del fronte	ogni 25 m	vedi descrizione
Misure di convergenza a cinque punti	ogni 25 m	vedi descrizione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 104 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 104 di 217
Foglio 104 di 217		

13.1. Rilievi del fronte

I rilievi del fronte consistono nella restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche, geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo durante l'avanzamento.

Vengono operate le seguenti distinzioni e definite le relative cadenze di rilievo:

- rilievi di tipo *analitico*, ogni 10 m nei tratti prossimi agli imbocchi e ogni 30 m nei tratti centrali della galleria;
- rilievi di tipo *speditivo* e *pittorico*, ogni 10÷20 m nei tratti centrali della galleria.

I rilievi potranno essere effettuati in modalità pittorico-descrittiva anziché analitica qualora l'ammasso non presentasse particolari variazioni rispetto ai rilievi eseguiti in precedenza. In ogni caso il numero di rilievi richiesti è da intendersi come numero minimo; eventuali passaggi litologici o litostratigrafici di particolare rilevanza dovranno essere analizzati con un rilievo apposito secondo le indicazioni fornite dal progettista.

13.1.1. Rilievi di tipo analitico

Tramite il rilievo del fronte di tipo analitico sono determinate principalmente le caratteristiche litologico-stratigrafiche, strutturali e geomeccaniche. Il seguente elenco riassume le informazioni ottenibili tramite i rilievi al fronte di tipo analitico.

A) Con riferimento alla litologia dell'ammasso, saranno rilevate le seguenti caratteristiche dell'ammasso:

- 1) Genesi del litotipo;
- 2) litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche;
- 3) condizioni (grado e tipo di cementazione/compattezza);
- 4) granulometria;
- 5) stato d'alterazione;
- 6) colore;
- 7) assetto generale dell'ammasso individuabile alla scala del fronte in termini di:
 - stratificazione;
 - scistosità;
 - clivaggio;
 - inclinazione;
 - direzione;
 - spessore.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 313"> <tr> <td>Foglio 105 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 105 di 217
Foglio 105 di 217		

B) Saranno inoltre indicate le seguenti caratteristiche delle principali discontinuità presenti sul fronte:

- 1) tipo (faglia, fratture, contatto, etc.);
- 2) localizzazione;
- 3) giacitura (inclinazione, direzione);
- 4) tipo di riempimento;
- 5) JRC
- 6) JCS

C) Infine saranno riportare eventuali osservazioni riguardo ad esempio:

- 1) condizioni idrauliche e venute d'acqua valutata sugli ultimi 8 -10 m di scavo;
- 2) distacchi gravitativi;
- 3) interventi di consolidamento e confinamento effettuati;
- 4) varie (imprevisti, variazioni operative ecc.).

Con riferimento al punto A):

- nella descrizione delle caratteristiche di cui al punto 2, eseguita visivamente, si dovrà dare precedenza alle dimensioni ad affinità genetica o composizionale relegando ai soli casi di necessità la scelta del criterio granulometrico tessiturale. Tale considerazione risulta importante ai fini della comprensibilità delle caratteristiche primarie del materiale da cui discendono tutte le altre. Dovranno pertanto evitarsi classificazioni litologiche puramente granulometriche avulse dalle caratteristiche petrografico-composizionali.
- Il punto 3 dovrà essere descritto individuando il grado ed il tipo di cementazione e riferendosi ad una scala riconosciuta internazionale nella descrizione della compattezza.
- Le caratteristiche granulometriche (4) dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali differenziati ed affioranti sul fronte di scavo, relegando, se ritenuto necessario, ad una determinazione di laboratorio su campioni rappresentativi prelevati manualmente l'esatto contenuto granulometrico del materiale. In entrambi i casi si dovrà utilizzare la nomenclatura proposta dall'AGI.
- Il grado di alterazione (5) dovrà essere indicato secondo una delle metodologie correnti o almeno utilizzando tre gradi come per esempio: sano, mediamente alterato, completamente alterato.
- Il colore (6) sarà riferito prevalentemente al materiale non alterato secondo una scala nota.
- La stratificazione (7) riscontrabile sul fronte sarà descritta con il maggior dettaglio possibile e misurata, se possibile direttamente, con un fotogramma tarato (previo posizionamento di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 106 di 217

una stadia o una bindella sul metrica fronte). La descrizione della successione dovrà eseguirsi anche graficamente con la rappresentazione del fronte di scavo e dei materiali costituenti.

- L'assetto giaciturale (inclinazione, immersione) verrà misurato con la bussola rilevando le caratteristiche di immersione (dip) e direzione di immersione (dip direction).

Con riferimento al punto B):

Per ammassi lapidei, si tratta delle caratteristiche mesostrutturali secondarie dell'ammasso roccioso rappresentate dal reticolo di discontinuità composto da faglie, fratture, diaclasi, ecc..

Il loro rilievo sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) e debitamente restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche, istogrammi statistici, ecc.).

Le caratteristiche da rilevare sono descritte al punto B):

- la tipologia e natura dei piani di discontinuità principali va descritta distinguendo se si tratta di fratture, faglie, diaclasi, indicandone in tabella e sul rilievo pittorico l'esatta localizzazione.
- La giacitura dei singoli piani di discontinuità (dip e dip direction) va rilevata mediante la bussola geologica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata.
- La spaziatura delle discontinuità va valutata mediante l'ausilio di una bindella metrica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. Sulla tabella va inoltre indicata l'apertura delle discontinuità stesse.
- La scabrezza delle superfici di discontinuità (JRC) va valutata numericamente, secondo quanto prescritto dall'ISRM con gli idonei strumenti.
- Il tipo di riempimento va qualificato secondo metodi speditivi evidenziando anche la natura (argilloso, limoso, ecc.).

Il parametro JCS sarà stimato secondo le due possibilità alternative descritte:

- Compressione monoassiale – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni speditive con pressa portatile o nel laboratorio di cantiere su campioni cilindrici con rapporto altezza-diametro pari a 2 estratti da carotaggi al fronte o sagomati da prelievi manuali al fronte. Dovrà essere adottata la metodologia sperimentale ISRM.
- Point load test – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni con apparecchiatura "Point Load" in situ utilizzata, elaborata ed interpretata secondo le metodologie riconosciute internazionalmente.
- Nel caso di prospezioni in avanzamento, il parametro RQD (Rock Quality Designation) verrà determinato, secondo un criterio ritenuto più affidabile, tramite correlazioni con la spaziatura dei giunti precalcolate per quella particolare formazione o facies geologica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 230 1532 313"> <tr> <td>Foglio 107 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 107 di 217
Foglio 107 di 217		

Con riferimento al punto C):

- la ritenzione idrica sarà stimata visivamente sul materiale e descritta con appropriati aggettivi (asciutto, umido, saturo), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza (non semplici stillicidi) dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate. In ogni caso si descriverà la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione;
- sono da evidenziate le anomalie rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo e dovute a fuorisagoma, fornelli, distacchi gravitativi, ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicando sul rilievo pittorico l'ubicazione;
- riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, vanno segnalati i più significativi, riportando ad esempio il numero dei bulloni, il passo ed il tipo delle centine, relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

Tutte le informazioni di cui ai punti A), B), C), sopra descritte saranno consegnate entro il termine della giornata in cui avviene il rilievo, al fine di consentire al progettista la definizione della classificazione geomeccanica (appartenenza al gruppo, curva intrinseca, ecc.).

13.1.2. *Rilievo di tipo speditivo e pittorico*

Secondo le frequenze prima indicate e ogni qualvolta vi sia un passaggio litologico o tettonico sarà eseguito un rilievo speditivo del fronte, finalizzata a fornire le caratteristiche litologiche-stratigrafiche e strutturali, definite tramite il rilevamento e la restituzione grafica e numerica di quanto già descritto in precedenza per i rilievi analitici, con le seguenti precisazioni:

- l'assetto generale dell'ammasso individuato alla scala del fronte, potrà venire valutato anche qualitativamente;
- la spaziatura delle discontinuità potrà venire valutata anche qualitativamente;
- il parametro JRC verrà valutato qualitativamente;
- il parametro JCS verrà valutato secondo la metodologia H.R. (Hammer Rebound) secondo le prescrizioni già citate ISRM.

Il rilievo del fronte di tipo pittorico ha invece la funzione principale di conferma/verifica del rilievo speditivo più vicino e si compone in sostanza di un rilievo qualitativo dell'ammasso senza il rilevamento diretto dei dati. Questo tipo di rilievo prevede la restituzione grafica delle caratteristiche principali dell'ammasso rilevabili alla scala del fronte.

13.1.3. *Archiviazione dei dati geologici*

Per ciascuno dei due tipi di rilievo del fronte, i dati relativi alle caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali saranno archiviati mediante apposito programma con elaboratore elettronico, in modo da poterne disporre in qualunque momento durante la costruzione dell'opera. L'archivio andrà costituito mediante singole schede, suddivise per singole tratte di ogni galleria in funzione degli

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 313"> <tr> <td>Foglio 108 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 108 di 217
Foglio 108 di 217		

attacchi previsti nel programma lavori, su ognuna delle quali devono essere rappresentate in opportuna scala i dati necessari con particolare riguardo a:

- nome e tratta di galleria in esame;
- coperture;
- progressive;
- sezione longitudinale;
- litotipo e litologia;
- condizioni (grado di cementazione/compattezza);
- stato (grado di alterazione);
- assetto;
- caratteristiche di discontinuità;
- osservazioni.

13.2. Misure di convergenza del privervestimento

Le misure di convergenza del privervestimento consistono nel rilevare la posizione piano – altimetrica dei cinque (5) punti disposti per ogni stazione di misura. Ogni punto di misura è costituito da una mira ottica solidarizzato tramite un supporto filettato ($L = 50 \div 80$ cm) al privervestimento e all'ammasso, come indicato in Figura 15.

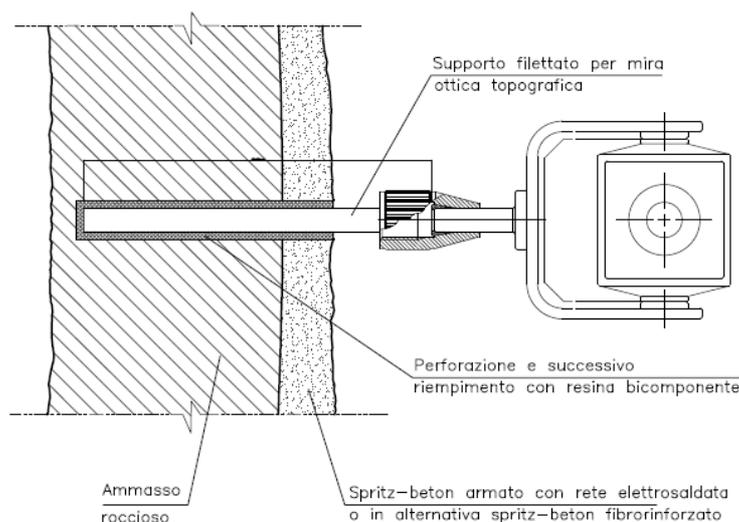


Figura 15. Particolare mira topografica per misure di convergenza del privervestimento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 109 di 217

Ciascuna stazione di misura viene disposta a circa 1 m dal fronte, in prossimità dell'ultima centina installata.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico, che misurano le posizioni assolute della base di misura, rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale, costituito da caposalda siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza ± 1 mm.

Il sistema di elaborazione ha come scopo quello di fornire i diagrammi in funzione del tempo dei seguenti dati:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, getto murette, arco rovescio e calotta).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione sono forniti in formato digitale entro il termine della giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

Frequenza di rilevamento

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo le seguenti frequenze:

- n. 1 stazione ogni 25 m.

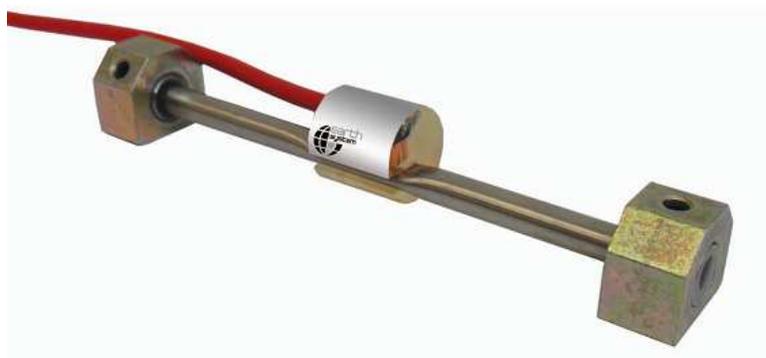
Le letture sono eseguite ogni giorno o più volte al giorno a seguito di criticità rilevate nella risposta deformativa allo scavo.

Le letture sono successive alla lettura 0, da eseguire necessariamente prima della ripresa degli scavi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 110 di 217

13.3. Misura dello stato tensionale nel priverivestimento - barrette estensimetriche

Per ogni stazione di misura dello stato tensionale del priverivestimento, si prevede l'installazione di almeno 3 coppie di barrette estensimetriche, 1 in calotta e 2 sui piedritti, saldate all'anima delle centine ed aventi le caratteristiche tecniche indicate in Figura 16.



CARATTERISTICHE TECNICHE BARRETTA A SALDARE

- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000 $\mu\epsilon$
- ✓ Sensibilità: 0,1 $\mu\epsilon$
- ✓ Accuratezza: 0,1% F.S.
- ✓ Non linearità: migliore dello 0,5% F.S.
- ✓ Range di temperatura
funzionamento: -30°C fino a +90°C
- ✓ Sensore di temperatura:
integrato NTC 3 k Ω
- ✓ Resistenza della bobina: 150 Ω
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:
12,2 $\mu\epsilon/^\circ\text{C}$

Figura 16: Caratteristiche tecniche e dettaglio delle barrette estensimetriche per profilati metallici

L'estensimetro a corda vibrante è largamente utilizzato per la determinazione delle deformazioni delle centine, garantendo precisione e stabilità a lungo termine della misura. Il principio di funzionamento della corda vibrante è il seguente: un filo di acciaio tensionato tra due estremità fisse poste sul supporto da monitorare. Alla deformazione del supporto implica una modifica della tensione del filo di acciaio (da cui dipende la frequenza di vibrazione). Eccitando il filo con un input elettrico, emesso da una bobina installata al centro della barretta, è misurata la frequenza di vibrazione della corda e, di conseguenza, la sua tensione, ottenendo la misura di deformazione del supporto. Nella bobina dell'estensimetro è presente un termistore che permette la rilevazione della temperatura, al fine di correggere le misure in fase di interpretazione per tenere conto delle variazioni di temperatura delle centine. Mediante l'applicazione della legge di Hooke ($\sigma = \epsilon \cdot E$) è possibile risalire allo stato tensionale agente al momento della lettura.

Frequenza di rilevamento

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire per ogni barretta estensimetrica è funzione della fase costruttiva; in particolare si prevede:

- n. 1 lettura ogni giorno con fronte a distanza minore di 10 m dalla stazione di misura;
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con fronte a distanza minore di 30 m dalla stazione di misura;
- n. 1 lettura alla settimana con fronte a distanza maggiore di 30 m dalla stazione di misura.

Le letture delle barrette estensimetriche possono essere interrotte a seguito del getto di rivestimento definitivo in corrispondenza della stazione di misura.

13.4. Misura dello stato tensionale nel prinvestimento - celle di carico

Per ogni stazione di misura dello stato tensionale del prinvestimento, si prevede l'installazione di almeno 2 celle di carico, da posizionare tra le piastre di giunzione delle centine all'altezza delle reni o al piede delle centine stesse ed aventi le caratteristiche tecniche indicate in Figura 17.



Figura 17. Caratteristiche tecniche e dettaglio delle barrette estensimetriche per profilati metallici

La cella di carico è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso e isolate. Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente. La tabella seguente contiene le indicazioni con le soglie di carico da impiegare per le celle, funzione del caratteristiche della centina.

Profilo centine	Soglia di carico	Opera	Sezione Tipo
HEA 160	0 – 100 ton	by-pass di collegamento	B0

Frequenza di rilevamento

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire per ogni cella di carico è funzione della fase costruttiva; in particolare si prevede una frequenza di rilevamento in analogia a quella definita per le barrette estensimetriche al § 13.4. Le letture delle celle di carico possono essere interrotte a seguito del getto del rivestimento definitivo, in corrispondenza della stazione di misura.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 313" style="float: right;"> <tr> <td>Foglio 112 di 217</td> </tr> </table>	Foglio 112 di 217
Foglio 112 di 217		

14. MONITORAGGIO DEL POZZO

Definiti al § 13 gli scopi del monitoraggio, in accordo con i principi del ADECO-RS, il piano di monitoraggio del pozzo prevede il ricorso a strumentazione topografica disposta a formare stazioni misura distribuite lungo lo sviluppo dell'opera.

L'ubicazione delle stazioni di monitoraggio nel pozzo è funzione delle condizioni geomeccaniche definite in fase progettuale, mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Lungo il pozzo la strumentazione impiegata per il monitoraggio del priverivestimento consiste in:

- mire topografiche per misure di convergenza.

Infine, le condizioni dell'ammasso al fronte di scavo sono oggetto di specifici rilevati, al fine di prevederne la risposta nei successivi campi di scavo.

Relativamente al piano di monitoraggio del pozzo, la tabella seguente contiene la sintesi della strumentazione prevista; nei paragrafi che seguono vengono invece indicate le relative specifiche tecniche e le modalità operative.

Strumentazione	Frequenza (m)	n° stazioni
Misure di convergenza a quattro punti	ogni 25÷50 m	vedi descrizione

14.1. Misure di convergenza del priverivestimento

Le misure di convergenza del priverivestimento consistono nel rilevare la posizione piano – altimetrica dei quattro (4) punti disposti per ogni stazione di misura. Ogni punto di misura è costituito da una mira ottica solidarizzato tramite un supporto filettato (L = 50÷80 cm) al priverivestimento e all'ammasso, come indicato in Figura 15.

Ciascuna stazione di misura viene disposta a circa 1 m dal fondo scavo, in prossimità dell'ultima centina installata.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico, che misurano le posizioni assolute della base di misura, rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale, costituito da caposaldi. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza ± 1 mm.

Il sistema di elaborazione ha come scopo quello di fornire i diagrammi in funzione del tempo dei seguenti dati:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 113 di 217

- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, getto murette, arco rovescio e calotta).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione sono forniti in formato digitale entro il termine della giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

Frequenza di rilevamento

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo le seguenti frequenze:

- n. 1 stazione ogni 25÷50 m, con valori minimi del range di variazione nei tratti a basse profondità e in caso si ravvisi condizioni geomeccaniche sfavorevoli.

Le letture sono eseguite ogni giorno o più volte al giorno a seguito di criticità rilevate nella risposta deformativa allo scavo.

Le letture sono successive alla lettura 0, da eseguire necessariamente prima della ripresa degli scavi.

Completati gli scavi, il programma di misure deve proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 lettura giornaliera per la prima settimana dal completamento dello scavo;
- 1 lettura settimanale per il successivo mese;
- 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al termine di realizzazione dell'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 114 di 217

15. CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione è stato il dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere afferenti alla WBS GN2R, poste in prossimità della pk 0+402 del binario dispari della galleria di Interconnessione III Valico - Voltri, compresa nel Progetto Esecutivo della Linea AV/AC Milano Genova - Terzo Valico dei Giovi.

Le opere afferenti alla WBS GN2R sono poste in un area compresa tra la pk 0+402 B.D. i e la pk 0+279 B.P. i. Le opere sono composte da

- pozzo di areazione posto in prossimità della pk 0+402 del binario dispari della galleria di Interconnessione III Valico - Voltri;
- la cabina di collegamento tra il pozzo e il binario dispari della interconnessione;
- del by-pass di collegamento tra il pozzo e il binario pari della interconnessione;
- la cabina lato binario pari che dal termine del by-pass si innesta nel binario pari della interconnessione.

Le opere attraversano la Formazione dei Metabasalti del Monte Figogna.

In relazione sono stati presentati le analisi e i modelli di calcolo utilizzati per la determinazione dello stato tensionale agente sugli elementi strutturali e i risultati delle relative verifiche di resistenza e durabilità. Il soddisfacimento delle verifiche, condotte in conformità a quanto previsto delle normative di riferimento, dimostrano l'idoneità delle soluzioni progettuali adottate.

Sono state definite inoltre definite le linee guida per l'applicazione delle soluzioni progettuali e il piano di monitoraggio da prevedere in corso d'opera.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 115 di 217

16. ALLEGATI DI CALCOLO

16.1. By-pass di collegamento

16.1.1. Analisi di stabilità del fronte in fase di diagnosi

Broms & Bennermark (1967)

$$N = \frac{\sigma_c + \gamma z_0 - \sigma_T}{\gamma_u}$$

where γ is unit weight of the soil,
 γ_u is undrained shear strength of the soil at tunnel axis level,
 σ_c is surface surcharge pressure,
 σ_T is tunnel support pressure, and
 z_0 is depth to the tunnel axis

$$\gamma_u = \frac{\sigma_{cm}}{2}$$

$$\sigma_{cm} = (0.0034 \cdot m_i^{0.8}) \cdot \sigma_c \cdot [1.029 + 0.025 \cdot e^{(-0.01 \cdot m_i)}]^{GSI}$$

Input data

Layers	z_0 [m]	γ_u [kNm ⁻³]	σ_c [kPa]	σ_T [kPa]	σ_c [kPa]	m_i [-]	GSI [-]
B' poco fratturato	410	27.0	0	0	25000	25	50
0	0	0.0					
0	0	0.0					
0	0	0.0					

Results

ΔH [m]	γ_u [kNm ⁻³]	σ_c [kPa]	m_i [-]	GSI [-]	σ_b [kPa]	σ_{cm} [kPa]	γ_u [kPa]
410.0	27.0	25000.0	25.0	50.0	11070.0	11900.7	5950.3
0.0	0.0						
0.0	0.0						
0.0	0.0						

Stability ratio	N	[-]	1.86
-----------------	---	-----	------

Elastic deformations

Panet (1990)

$$N_S = \frac{\sigma_c}{C_{II}} = \frac{2 \cdot \sigma_c}{\sigma_{cm}}$$

$$\lambda_b = \frac{1}{K_p + 1} \left[K_p - 1 + \frac{2}{N} \right]$$

Stability ratio	N	[-]	1.9
Passive earth pressure	K_p	[-]	3.690
Deconfinement	λ_b	[-]	0.80

Stable face

GN2R - by-pass di collegamento - AEXCAV. [m2] = **50.3**
 FACE STABILITY ANALYSIS - TAMEZ-CONEJO
 DIAGNOSIS PHASE



Tamez & Conejo (1985)

Geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Excavated layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
B' poco fratturato	406.0	27.0	1420	35.0	B' poco fratturato	8.0	27.0	1470	35.0

Tunnel geometry

Type of ground	CF/F	CF	Deep tunnel (Z>5D)	
Total Overburden	Z [m]	406.0	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m] | 8.0
Depth of water table	W [m]	1000.0	Earth coefficient at rest	k_0 [-] | 1.0
Excavated height	h [m]	8.0	Depth coefficient	k_a [-] | 1.0
Tunnel's width	b [m]	8.0	Height of mass load at crown	H_p [m] | 13.6
Free span length	a [m]	1.0	Length of prisms in advance	L_p [m] | 4.2

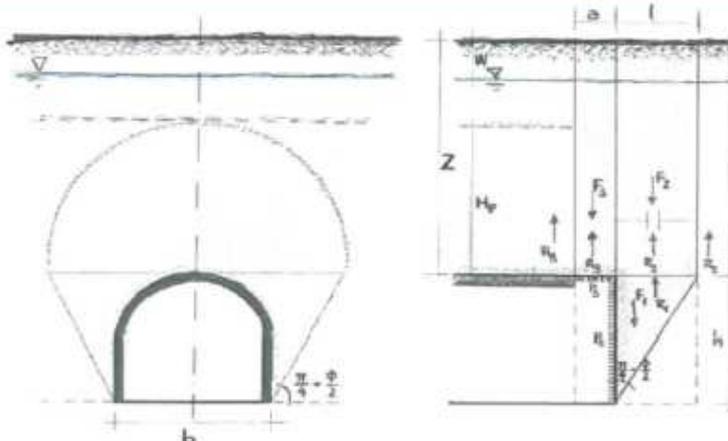
Prismatic volume properties

Aver. weight of load mass	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Aver. weight of Excav. layers	γ_e [kNm ⁻³]	27.0
Aver. cohesion of load mass	c'_n [kPa]	1420.0	Aver. cohesion of Excav. layers	c'_e [kPa]	1470.0
Aver. friction of load mass	ϕ'_n [°]	35.0	Aver. friction of load mass	ϕ'_e [°]	35.0
Effective soil press. at crown	σ'_v [kPa]	10962	hydraulic press. at crown	u [kPa]	0

Shear resistance and Safety factor at Diagnosis phase

Shear resistance (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	3275	Safety factor (prism 3)	FS_3	9.14
Shear resistance (prisms 1-2)	τ_{m2} [kPa]	9216	Safety factor (MΣFR/MSFA)	FS_v	3.30
Permitted free span length	a_{max} [m]	8.4	Obtained safety factor	SF	3.30
Pressure on primary supports	P_s [kPa]	5395	Requested safety factor	SF_{ri}	2.00
Required pressure at face	P_f [kPa]	0			

Prismatic volume gravitating over the crown system of forces

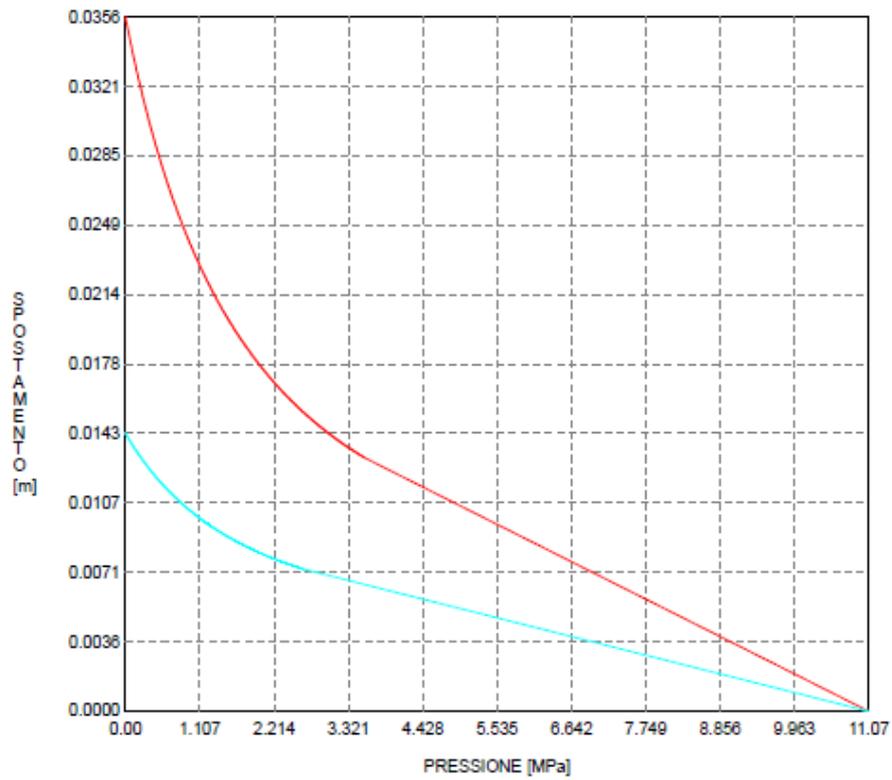


B'-GR2_410m

Fase di Diagnosi

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

GALLERIA
FRONTE SFERICO



16.1.3. *Analisi di stabilità del fronte in fase di terapia*

Geotechnical properties					Excavated layers				
Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm^{-3}]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Excavated layers	ΔH [m]	γ_n [kNm^{-3}]	c' [kPa]	ϕ' [°]
B' poco fratturato	406	27	1420	35	B' poco fratturato	8	27	1470	35

Tunnel geometry				Deep tunnel ($Z > 5D$)			
Type of ground	CF/F	CF		Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	8.0	
Total Overburden	Z [m]	406.0		Earth coefficient at rest	k_0 [-]	1.0	
Depth of water table	W [m]	1000.0		Depth coefficient	k_A [-]	1.0	
Excavated height	h [m]	8.0		Height of mass load at crown	H_p [m]	13.6	
Tunnel's width	b [m]	8.0		Length of prisms in advance	L_p [m]	4.2	
Free span length	a [m]	3.6					

Grout injection properties			Face bolt properties		
Cubic compression resistance	R_{cb} [MPa]	25.0	Tensile resistance of bar	σ_b [MPa]	0.0
Injection influence ratio	λ [-]	1	Tensile resistance at joint	σ_j [MPa]	0.0
Curing factor	γ_c [-]	1.0	Shear resistance of bar	σ_s [MPa]	0.0
Material's safety factor	γ_f [-]	1.5	Drilling diameter	ϕ_{dr} [mm]	0.0
Mortar's poission ratio	ν_c [-]	0.2	External diameter	ϕ_{ext} [mm]	0.0
Elastic module of mortar	E_c [GPa]	20.0	Tube's Thickness	th_b [mm]	0.0
Grout-soil bond	τ_u [kPa]	0.0	Overlapping length	L_{ov} [m]	0.0
Injection penetrability coeff.	α_i [-]	1.0	Joint step	l_{int} [m]	0.0
ULS resistance of mortar	σ_c [-]	15.5	Resistance area of single bar	A_b [mm ²]	0.0

Improved face properties			Prismatic volume properties		
Shear force resist. of bars	T_s [kN]	0.0	Aver. weight of load mass	γ_f [kNm^{-3}]	27.0
Tensile force resist. of bars	T_t [kN]	0.0	Aver. cohesion of load mass	c'_f [kPa]	1420.0
Pull-out resistance of bars	T_p [kN]	0.0	Aver. friction of load mass	ϕ'_f [°]	35.0
Max. resistance offered by bars	T_{max} [kN]	0.0	Effective soil press. at crown	σ'_v [kPa]	10962
			hydraulic press. at crown	u [kPa]	0

Shear resistance and Safety factor at Diagnosis phase					
Shear resistance (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	3275	Safety factor (prism 3)	FS_3	3.27
Shear resistance (prisms 1-2)	τ_{m1-2} [kPa]	9216	Safety factor (MΣFR/MSFA)	FS_1	2.21
Permitted free span length	a_{max} [m]	8.4	Obtained safety factor	SF	2.21
Pressure on primary supports	P_s [kPa]	5395	Requested safety factor	SF_R	2.00
Required pressure at face	P_f [kPa]	0			

16.1.4. Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia

```

#####
#####          CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####          CONVERGENZA-CONFINAMENTO
#####          SOLUTORE ANALITICO
#####
#####  #####  ##  ##  ##
#####  #####  ##  ##  ##
#####  #####  ##  ##  ##
#####  #####  ##  ##  ##
#####  #####  ##  ##  ##
#####          VERSIONE 4 (2003)
#####          ##
#####          ##

```

BO_B'-GR2_H=410m

Fase di Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOCCIATO FRONTE-GALLERIA
 VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

DATI ANALISI

R galleria [m]	4.00000
PARAMETRI GEOTECNICI	
Tensione originaria [MPa]	11.07000
Modulo di Young [MPa]	3000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.42000
Angolo attrito picco [°]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.27300
Angolo attrito residuo [MPa]	33.00000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	1.60000
Coefficiente riduzione rigidezza .....	.11000
Forma del presivestimento	CIRCOLARE CHIUSO
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.20000
Modulo Young spritz [MPa]	20000.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.20000
Sezione centina [m2] .....	.00388
Altezza sezione centina [m2] .....	.15200
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.07600
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.00001673
Passo centine [m]	1.20000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	19.20000
Resistenza ferro centine [MPa]	190.00000
RIVESTIMENTO DEFINITIVO	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	72.00000
Spessore CLS [m] .....	.50000
Modulo Young CLS [MPa]	31220.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.20000
Resistenza compressione CLS [MPa]	6.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale poss in opera rivestimento [m] .....	.00000

RISULTATO ANALISI FRONTE DI SCAVO

Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] .....	.035633
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	6.165125
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.014253
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.005650
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ..	.010334
Raggio plastico fronte sferico [m]	4.785265

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

Metodo Fanet-Guenot	
U [m] :	.02315
LAMBDA :	.90333
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.02908
LAMBDA :	.95943
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.02660
LAMBDA :	.93894
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.02309
LAMBDA :	.90255
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.02499
LAMBDA :	.92357

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

Metodo Fanet-Guenot	
U [m] :	.03554
LAMBDA :	.99951
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.03563
LAMBDA :	1.00000
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	
U [m] :	.03238
LAMBDA :	.99997
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.03126
LAMBDA :	.99996
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.03186
LAMBDA :	.99996

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.035633
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	6.165125
PRERIVESTIMENTO -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	5.82754
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.28268
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.03122
Spostamento alla messa in opera [m] .....	.02315
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00806
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.903325
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	4.91827
Tensione centine [MPa]	46.55512
Coefficiente di sicurezza spritz	3.90381
Coefficiente di sicurezza centine	4.08118
Pressione rottura spritz [MPa]	1.08291
Pressione rottura centine [MPa]	1.13211
Rigidezza spritz [MPa]	118.96939
Rigidezza centinatura [MPa]	18.67250
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	5.84451
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.26713
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.03143
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.03122
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00021
Tensione CLS [MPa]	2.17316
Coefficiente di sicurezza	2.76095
Pressione rottura anello CLS [MPa] .....	.73753
Rigidezza anello CLS [MPa]	4723.28765
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.999509

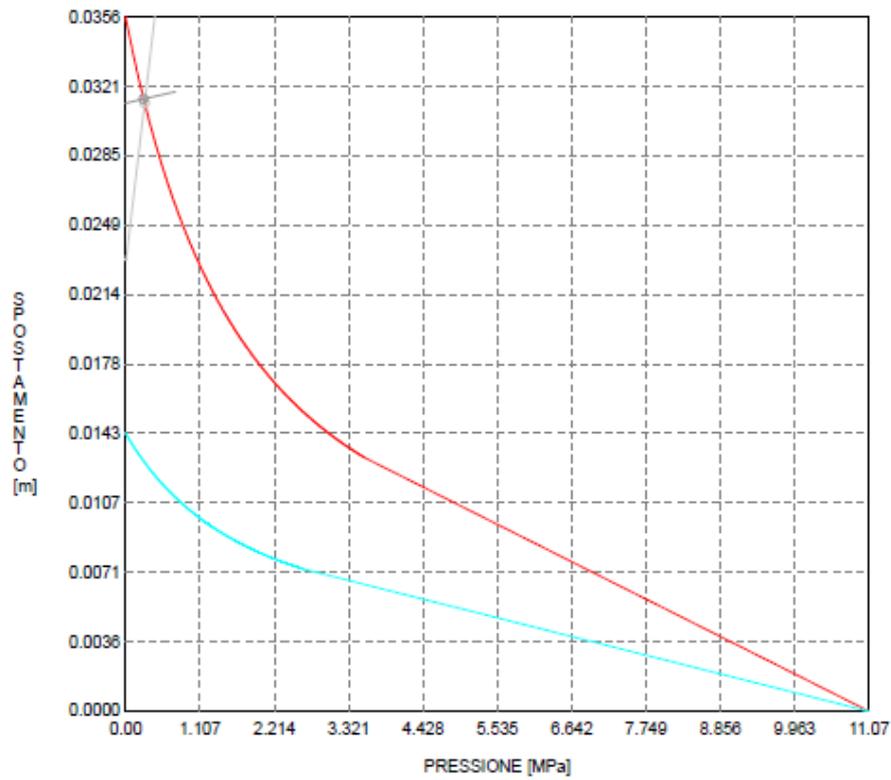


B0_B-GR2_H=410m

Fase di Terapia

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

PRRIVESTIMENTO
RIVESTIMENTO
GALLERIA
FRONTE SFERICO



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 124 di 217

16.1.5. Analisi numerica bidimensionale FEM

By-pass di collegamento

1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		CLS_R30
Identification number		1
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		CLS C 25/30
Y_{unsat}	kN/m ³	25.00
Y_{sat}	kN/m ³	25.00
Dilatancy cut-off		No
e_{int}		0.5000
e_{min}		0.000
e_{max}		999.0
Rayleigh α		0.000
Rayleigh β		0.000
E	kN/m ²	31.22E6
ν (nu)		0.2000
G	kN/m ²	13.01E6
E_{oed}	kN/m ²	34.69E6

By-pass di collegamento

Identification		CLS_R30
V_s	m/s	2258
V_p	m/s	3688
Set to default values		Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000
Y_{ref}	m	0.000
Strength		Manual
R_{inter}		0.7000
$\bar{\delta}_{inter}$		0.000
K_0 determination		Automatic
K_{0x}		0.2929
Data set		Standard
Type		Coarse
< 2 μ m	%	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00
Set to default values		No
k_x	m/day	0.000
k_y	m/day	0.000
-III	m	10.00F3

By-pass di collegamento

Identification		CLS_R30
e_{int}		0.5000
C_k		1.000E15

By-pass di collegamento

1.1.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' - substrato
Identification number		2	3	4
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00
γ_{sat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{int}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	3.000E6	3.000E6	12.000E6
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ²	1.154E6	1.154E6	4.615E6
E_{oed}	kN/m ²	4.038E6	4.038E6	16.15E6

By-pass di collegamento

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' - substrato
c_{ref}	kN/m ²	1420	1273	1420
ϕ (phi)	°	35.00	33.00	35.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	647.2	647.2	1294
V_p	m/s	1211	1211	2421
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
Strength		Manual	Manual	Manual
R_{inter}		0.7000	0.7000	0.7000
$\bar{\sigma}_{inter}$		0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Manual	Manual	Manual
$K_{0,x}$		1.000	1.000	1.000
Data set		Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse

By-pass di collegamento

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' - substrato
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00
Set to default values		No	No	No
k_x	m/day	0.000	0.000	0.000
k_y	m/day	0.000	0.000	0.000
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{int}		0.5000	0.5000	0.5000
c_k		1.000E15	1.000E15	1.000E15

By-pass di collegamento

1.1.1.2.1 Materials - Plates - (1/2)

Identification		GHOST_CENTINE	RCK30_SP50	RCK30_SP70	RCK30_SP60	RCK30_SP100
Identification number		1	2	3	4	5
Comments			Ridotta K 10 ⁻¹⁰	Ridotta K 10 ⁻¹⁰	Ridotta K 10 ⁻¹⁰	Ridotta K 10 ⁻¹⁰
Colour						
Material type		Elastic	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
Isotropic		Yes	No	No	No	No
EA ₁	kN/m	1.000E-9	1.561E-3	2.185E-3	1.873E-3	3.122E-3
EA ₂	kN/m	1.000E-9	1.561E-3	2.185E-3	1.873E-3	3.122E-3
EI	kN m ² /m	0.01000E-6	0.03252E-3	0.08924E-3	0.05620E-3	0.2602E-3
d	m	10.95	0.5000	0.7001	0.6001	1.000
w	kN/m/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
v (nu)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

By-pass di collegamento

1.1.1.2.2 Materials - Plates - (2/2)

Identification		RCK30_SP80cm	HEA160_1.2m_SB20_0.5	HEA160_1.2m_SB20_28gg	HEA160_1.2m_SB20_3gg
Identification number		6	7	8	9
Comments			Ridotta K 10 ⁻¹⁰		
Colour					
Material type		Elastic	Elastic	Elastoplastic	Elastic
Isotropic		No	No	No	No
EA ₁	kN/m	2.498E-3	1.424E6	4.614E6	3.498E6
EA ₂	kN/m	2.498E-3	1.424E6	4.614E6	3.498E6
EI	kN m ² /m	0.1332E-3	5400	15.98E3	12.28E3
d	m	0.7999	0.2133	0.2039	0.2052
w	kN/m/m	0.000	0.000	0.000	0.000
v (nu)		0.000	0.000	0.000	0.000
M _p	kN m/m	1.000E15	1.000E15	1.000E15	1.000E15
N _{s1}	kN/m	10.00E9	10.00E9	2350	10.00E9
N _{s2}	kN/m	10.00E9	10.00E9	2350	10.00E9
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000

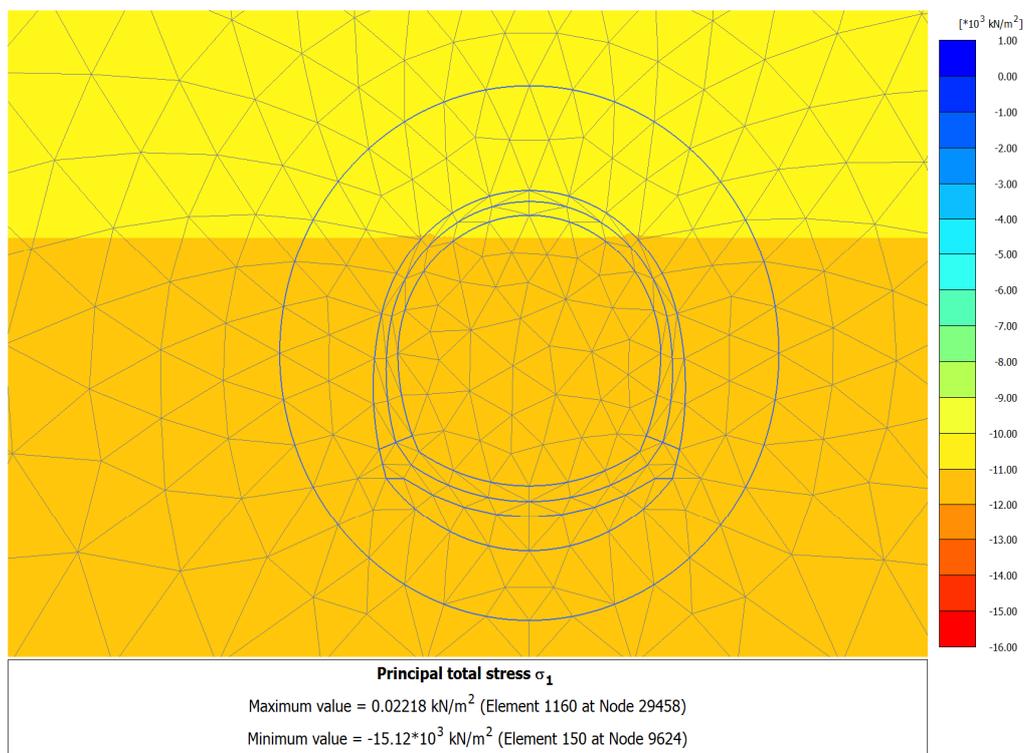


Figura 18: 4.13.1 Calculation results_ GEOSTATIC (1_3)_ Principal total stress s_1.png

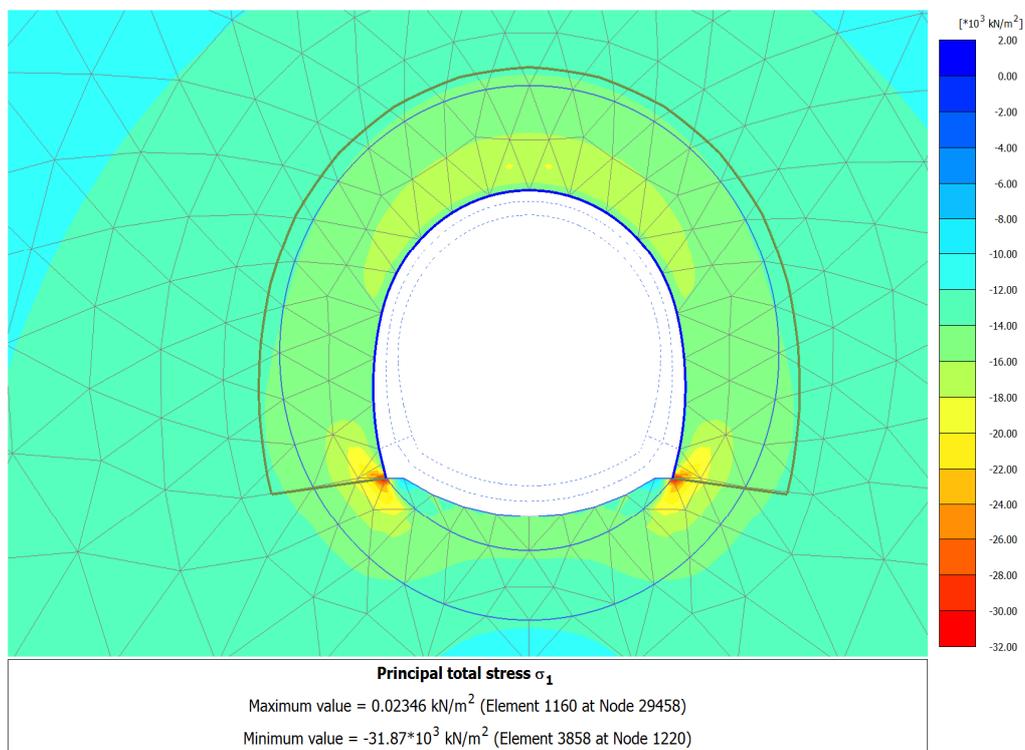


Figura 19: 4.13.2 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Principal total stress s_1.png

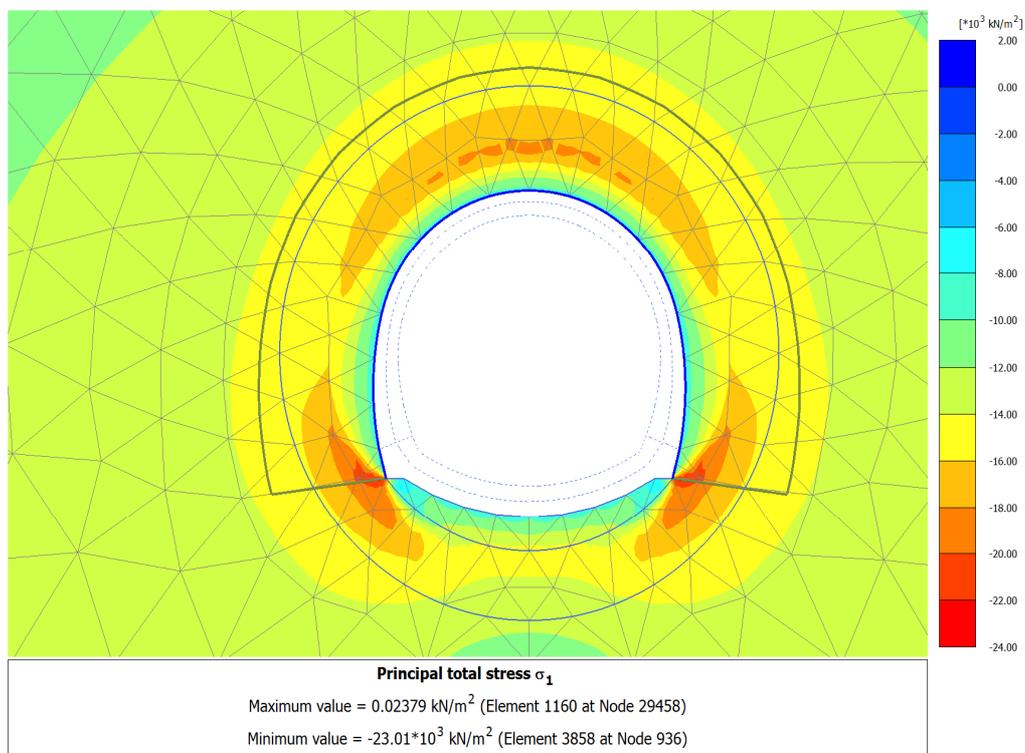


Figura 20: 4.13.3 Calculation results_ TIME_02 (10_6)_ Principal total stress s_1.png

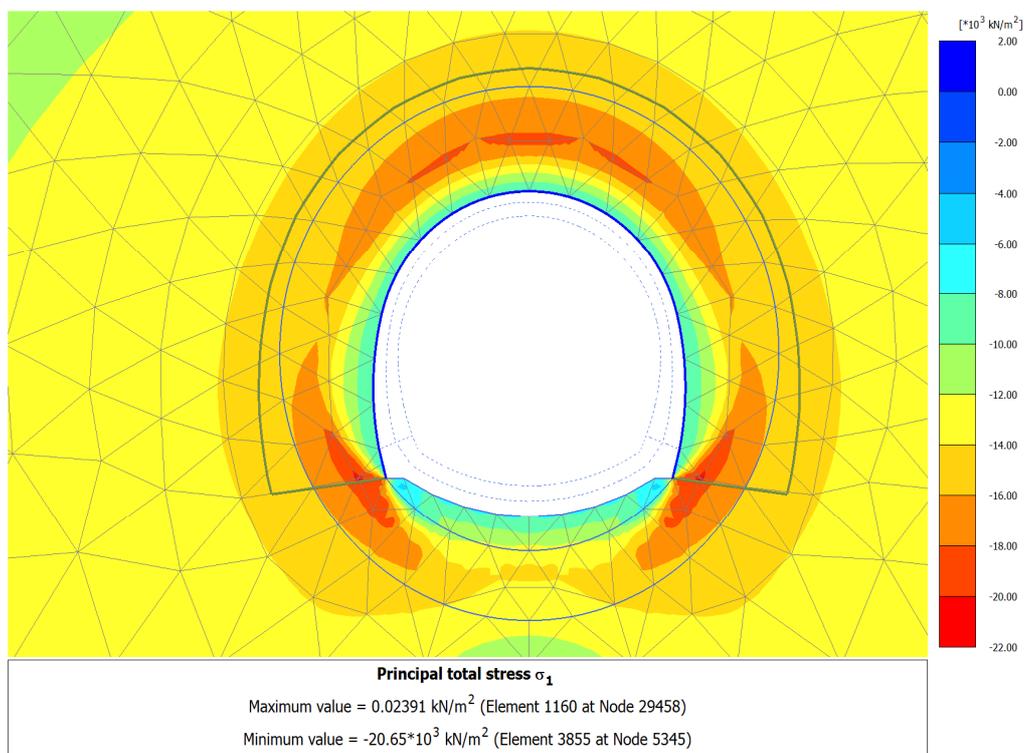


Figura 21: 4.13.4 Calculation results_ TIME_03 (11_7)_ Principal total stress s_1.png

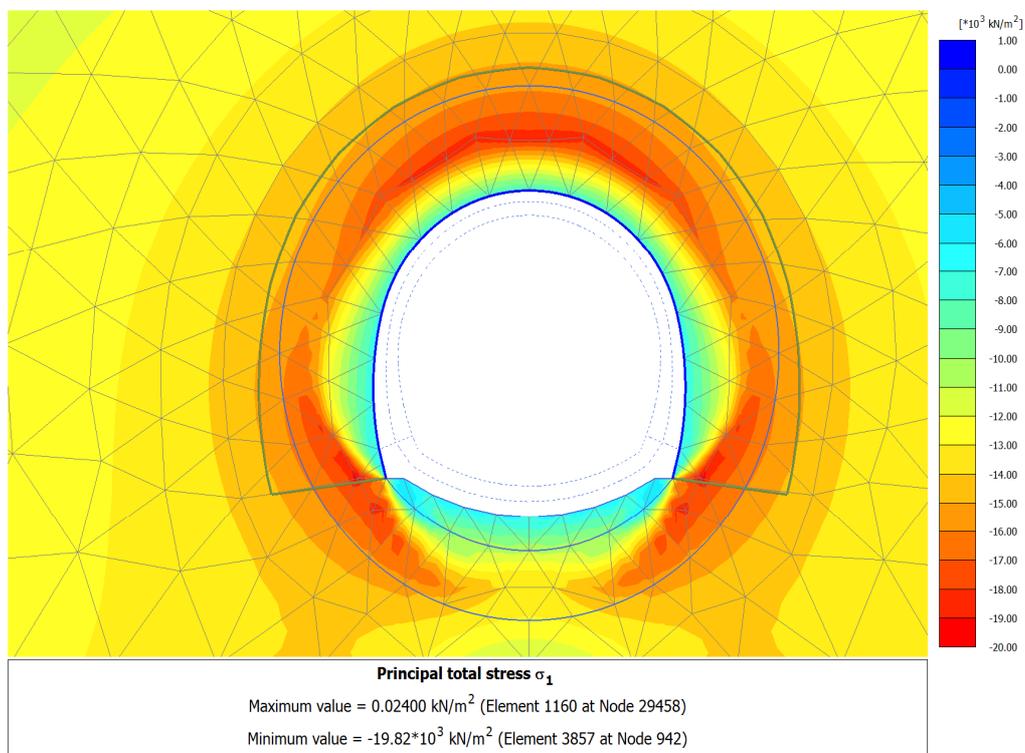


Figura 22: 4.13.8 Calculation results_ TIME_04 (16_13)_ Principal total stress s_1.png

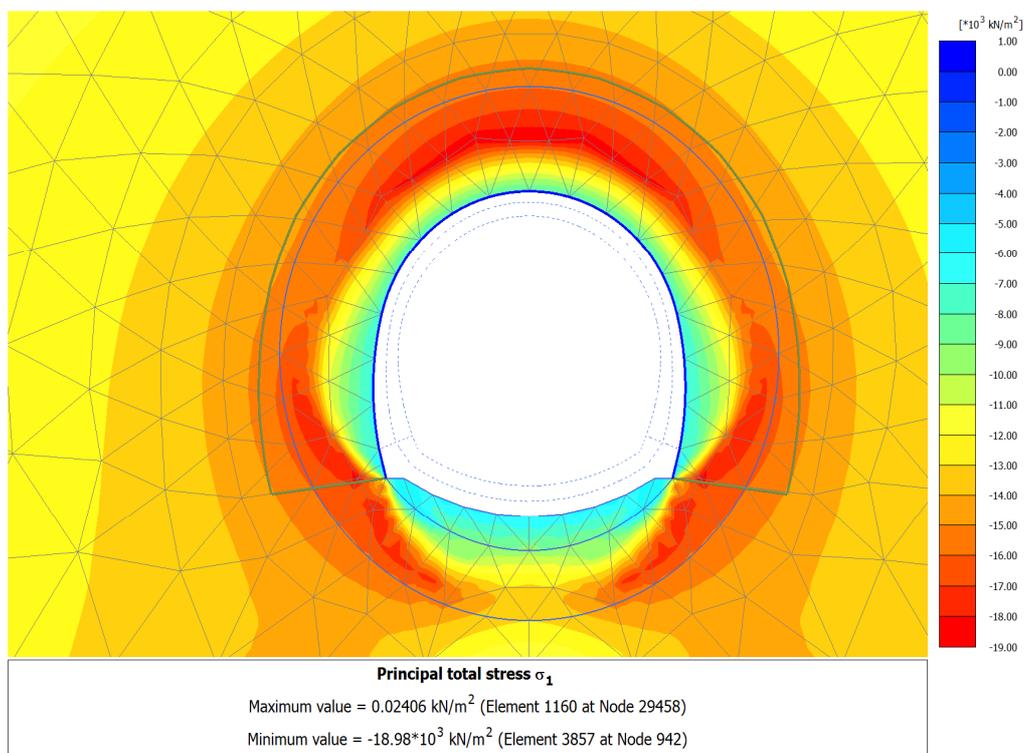


Figura 23: 4.13.5 Calculation results_ TIME_05 (12_8)_ Principal total stress s_1.png

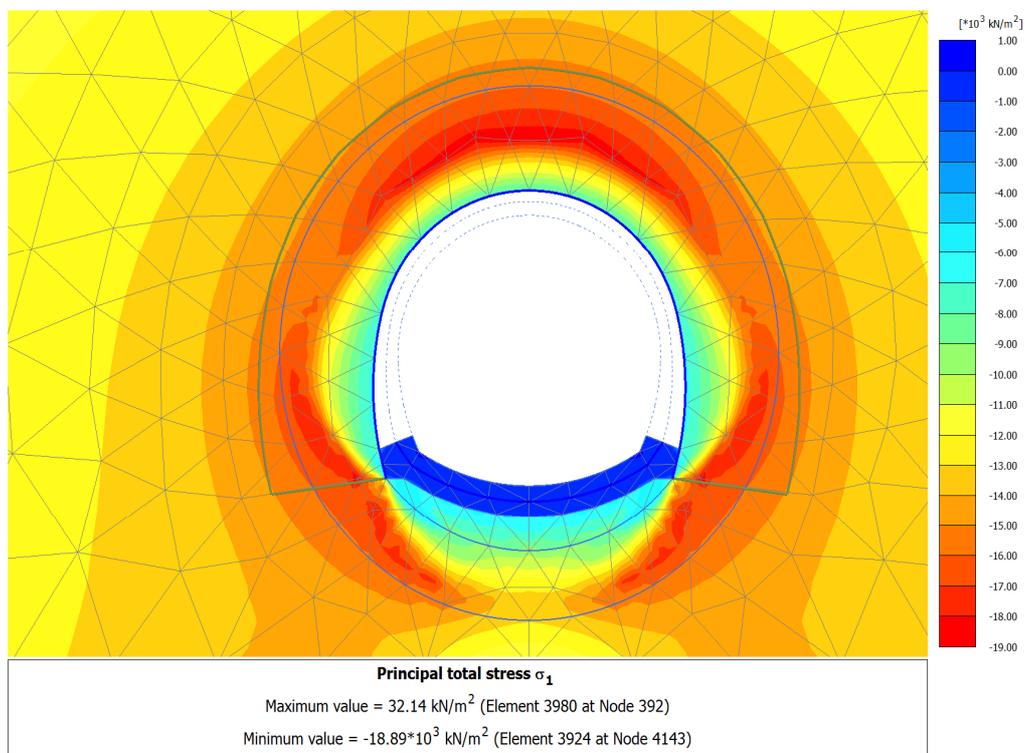


Figura 24: 4.13.10 Calculation results_ TIME_06 (13_23)_ Principal total stress s_1.png

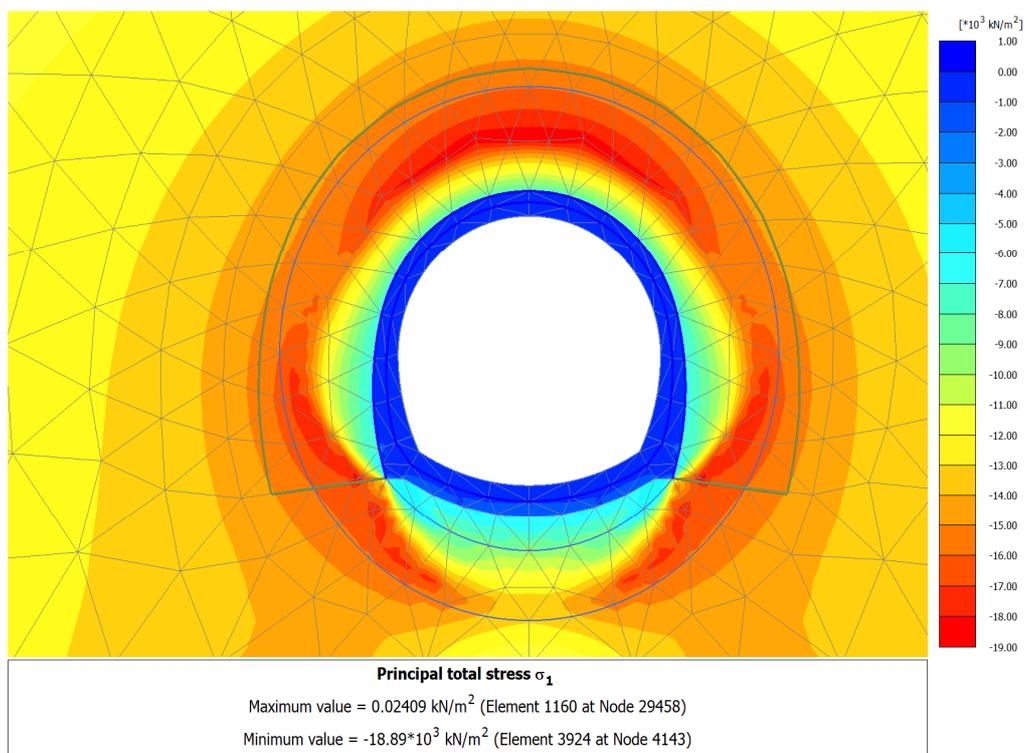


Figura 25: 4.13.6 Calculation results_ TIME_07 (14_10)_ Principal total stress s_1.png

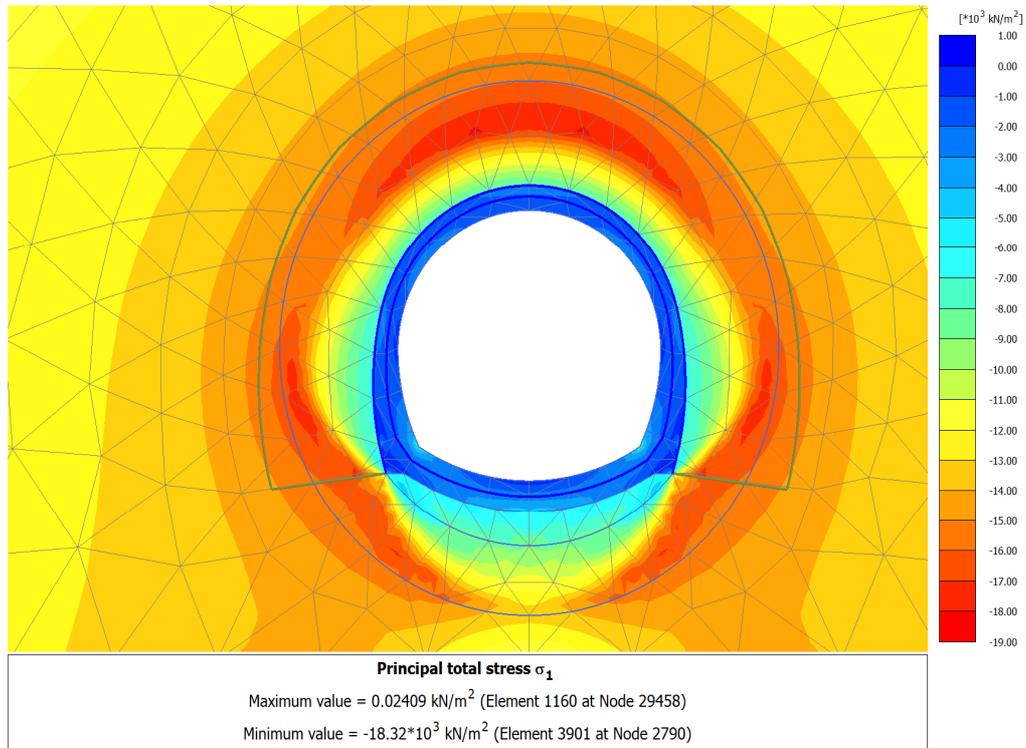


Figura 26: 4.13.9 Calculation results_ TIME_08 (19_20)_ Principal total stress s_1.png

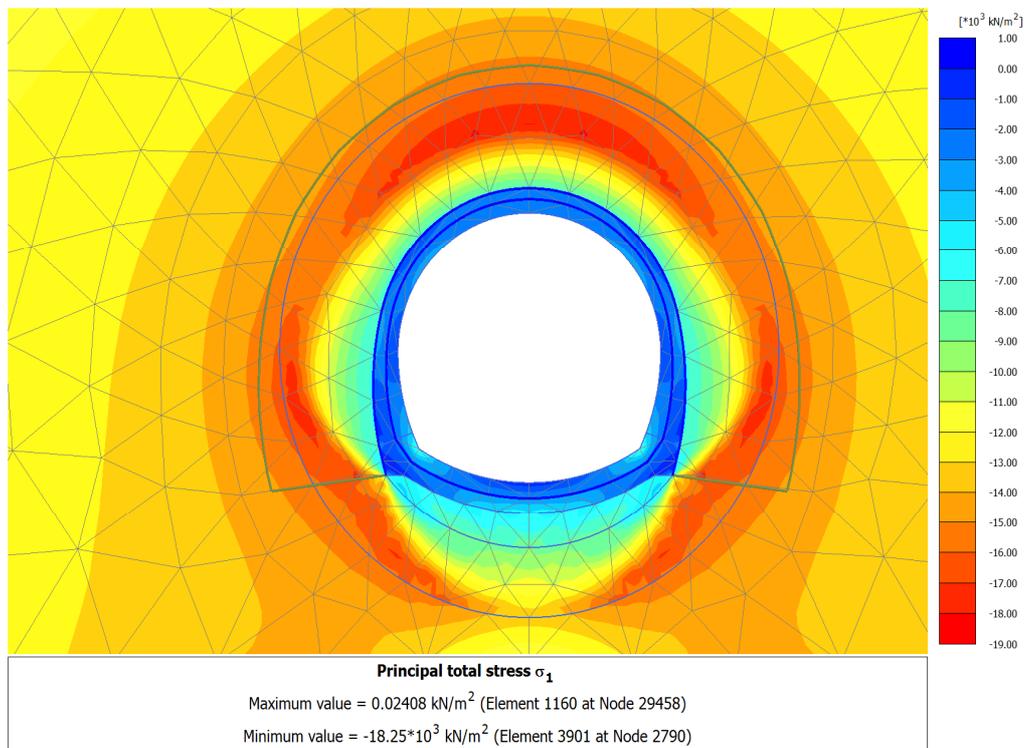


Figura 27: 4.13.7 Calculation results_ TIME_09 (18_12)_ Principal total stress s_1.png

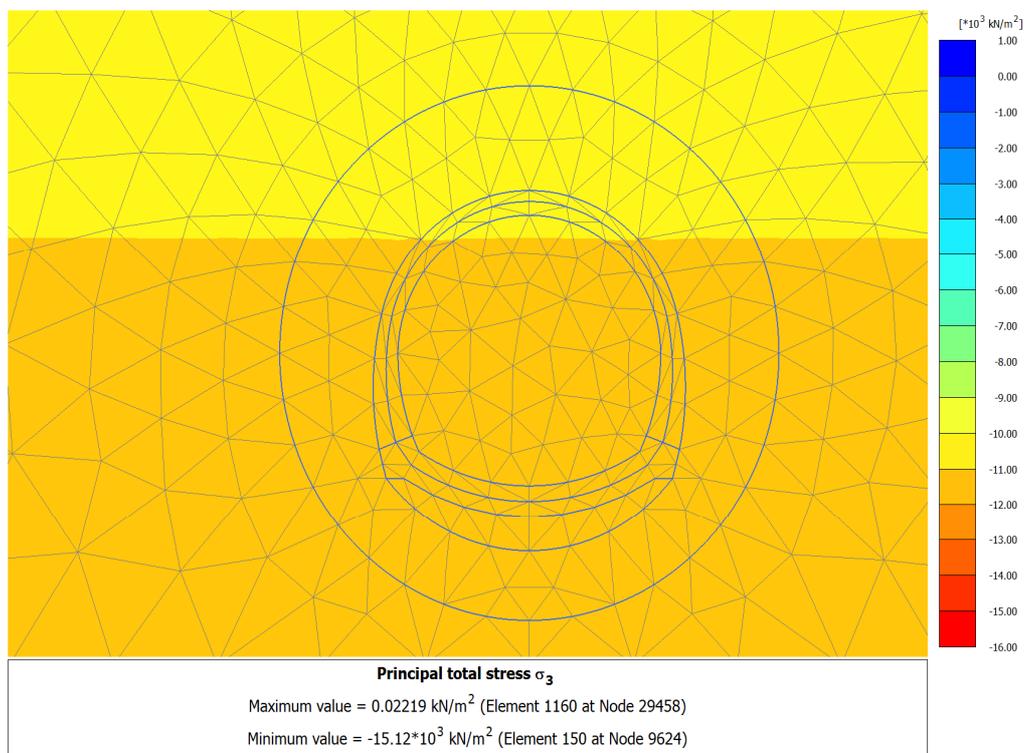


Figura 28: 4.14.1 Calculation results_ GEOSTATIC (1_3)_ Principal total stress s_3.png

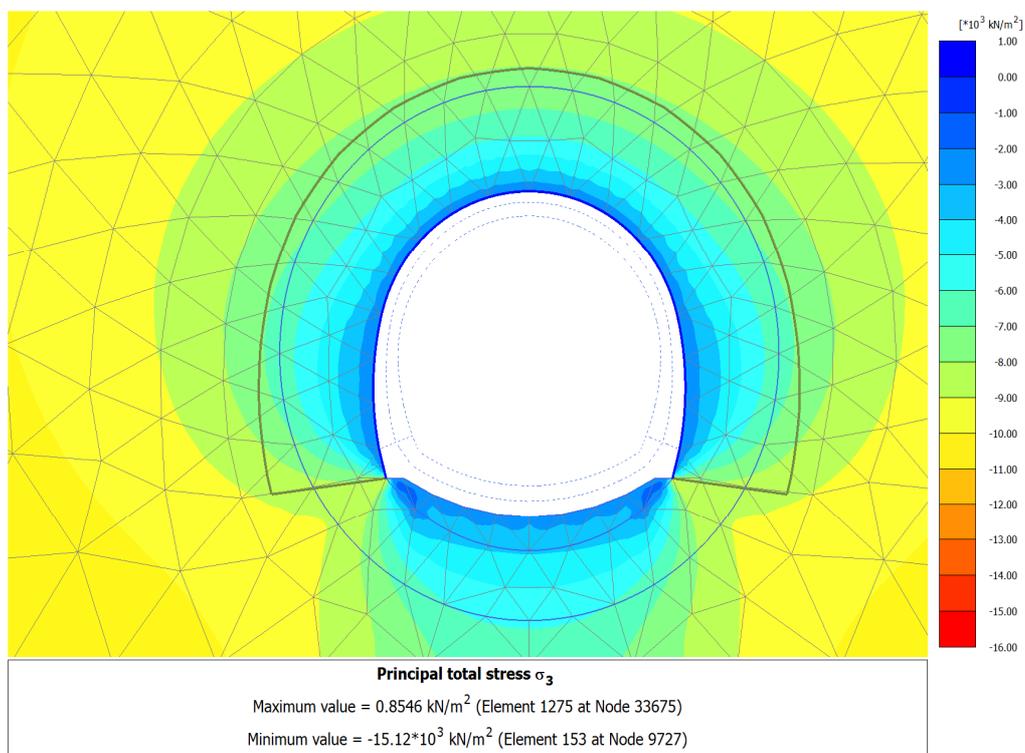


Figura 29: 4.14.2 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Principal total stress s_3.png

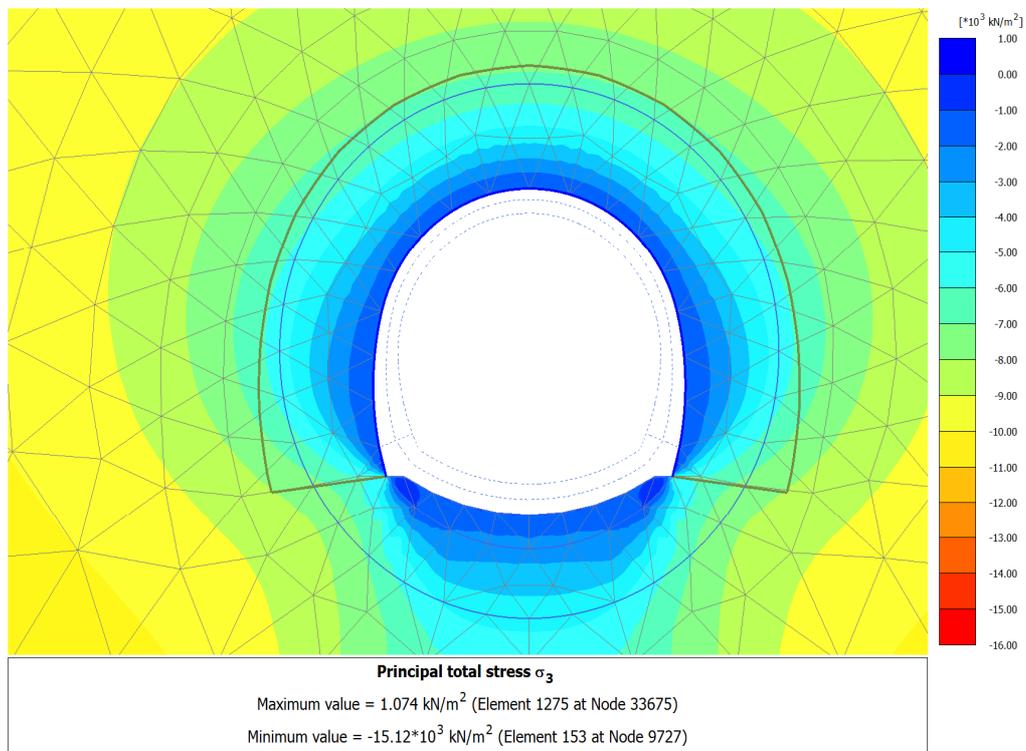


Figura 30: 4.14.3 Calculation results_ TIME_02 (10_6)_ Principal total stress s_3.png

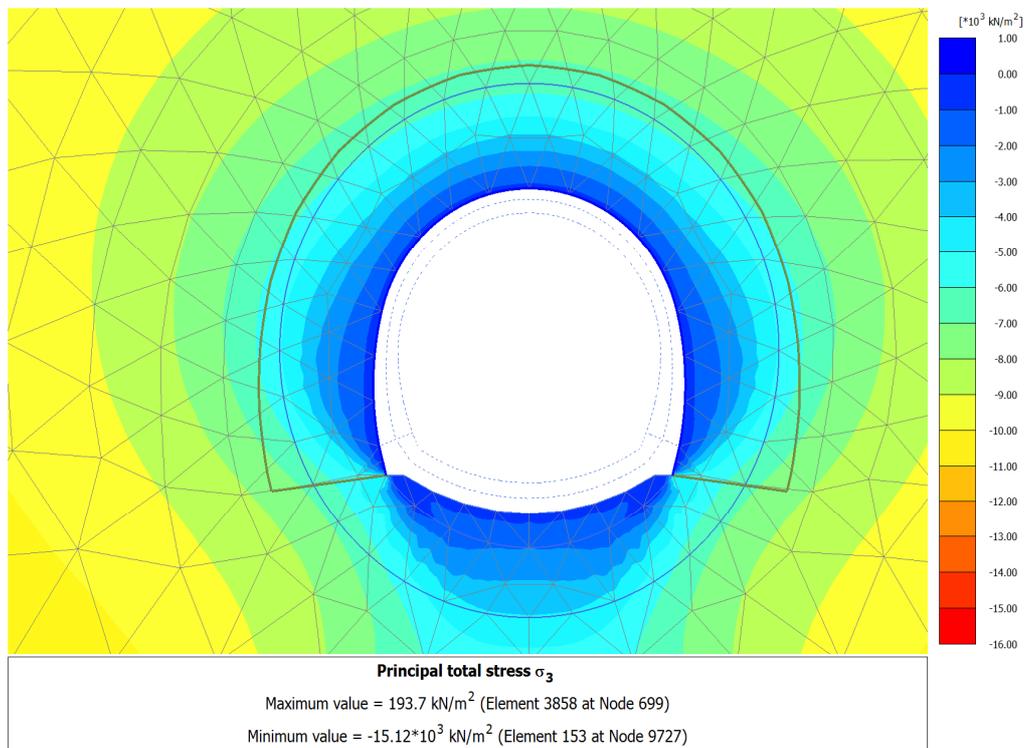


Figura 31: 4.14.4 Calculation results_ TIME_03 (11_7)_ Principal total stress s_3.png

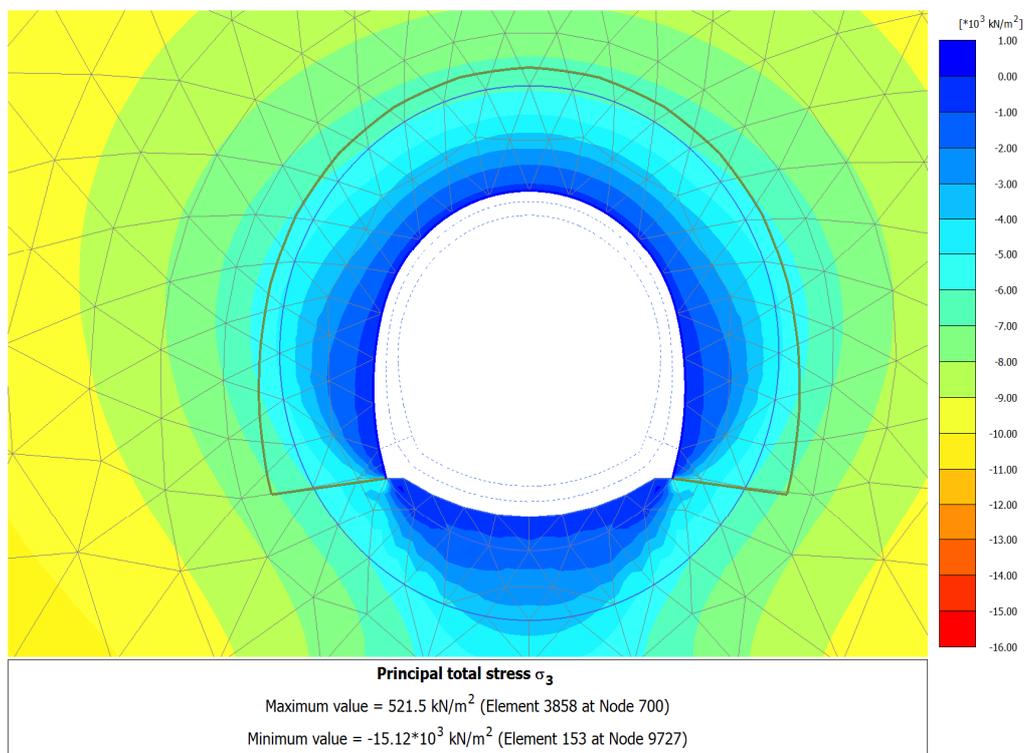


Figura 32: 4.14.8 Calculation results_ TIME_04 (16_13)_ Principal total stress s_3.png

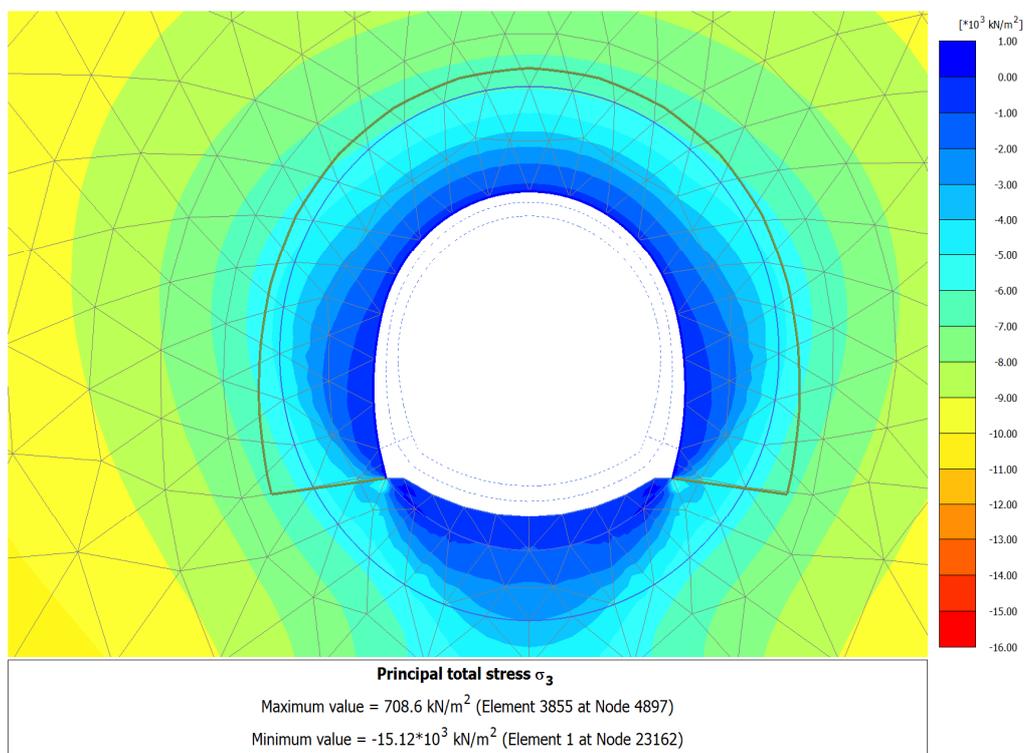


Figura 33: 4.14.5 Calculation results_ TIME_05 (12_8)_ Principal total stress s_3.png

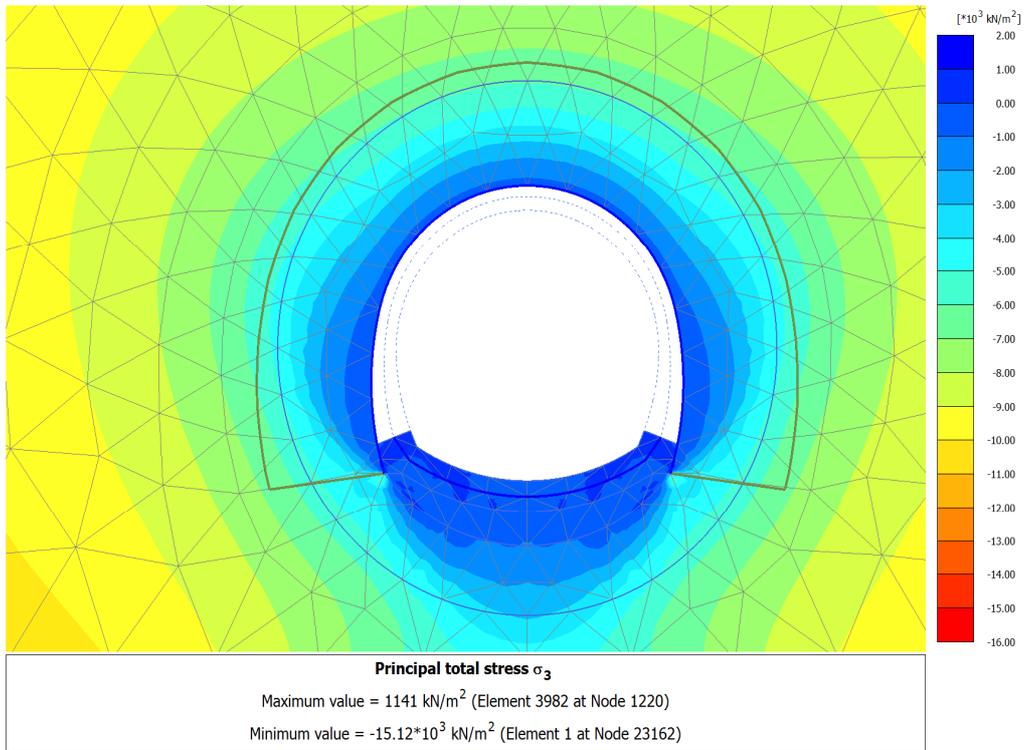


Figura 34: 4.14.10 Calculation results_ TIME_06 (13_23)_ Principal total stress s_3.png

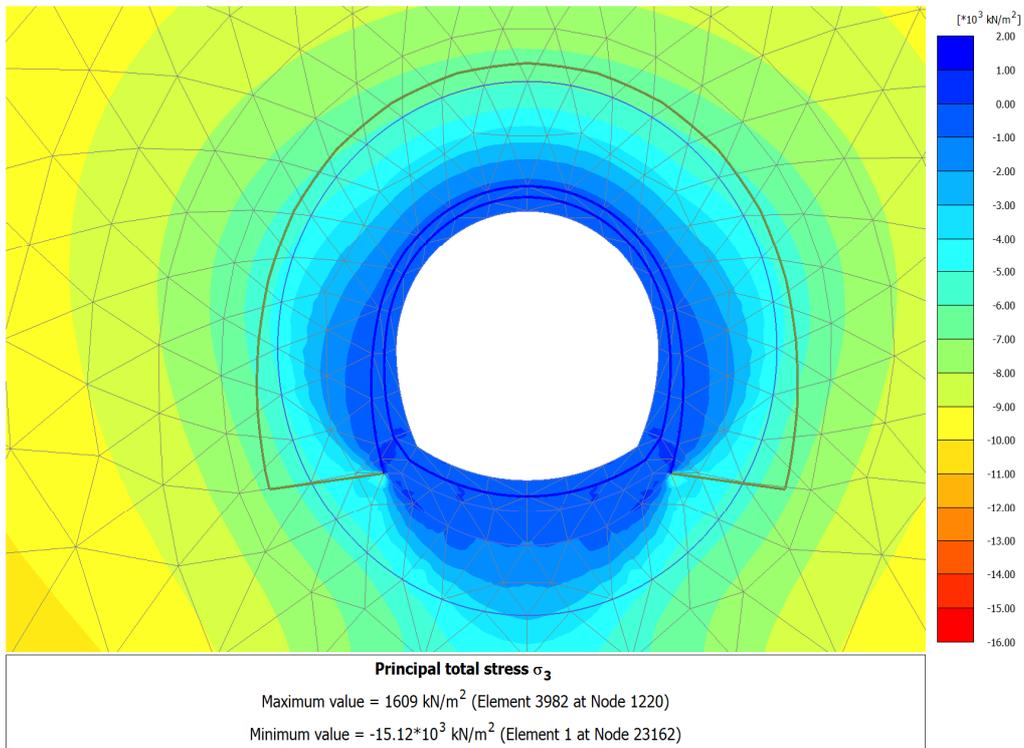


Figura 35: 4.14.6 Calculation results_ TIME_07 (14_10)_ Principal total stress s_3.png

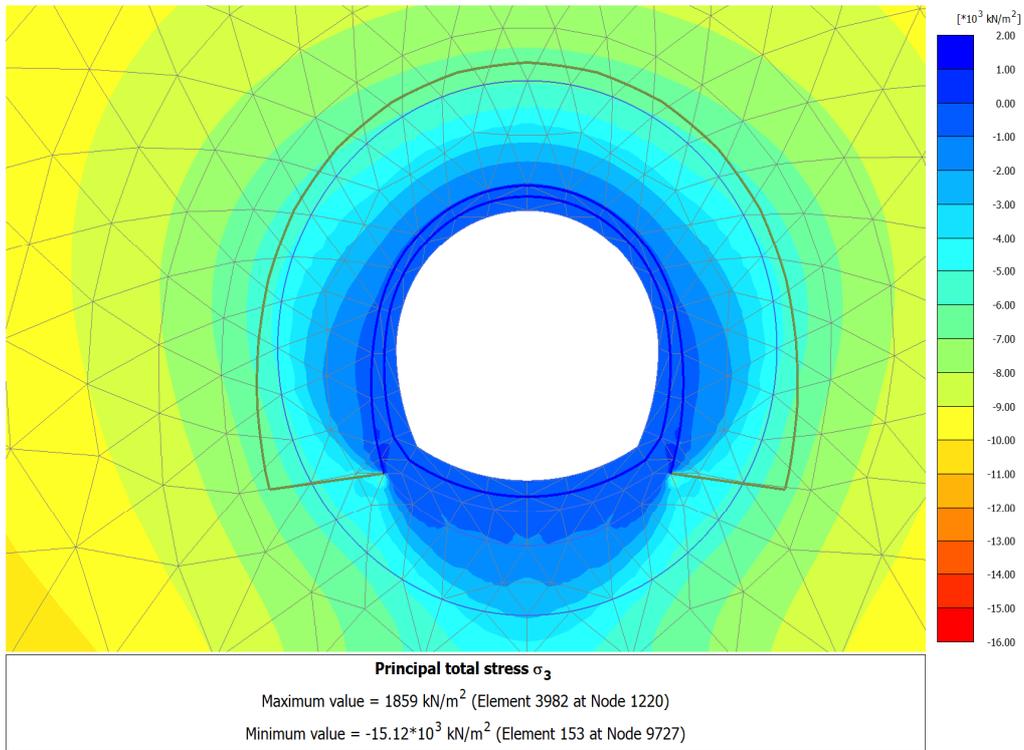


Figura 36: 4.14.9 Calculation results_ TIME_08 (19_20)_ Principal total stress s_3.png

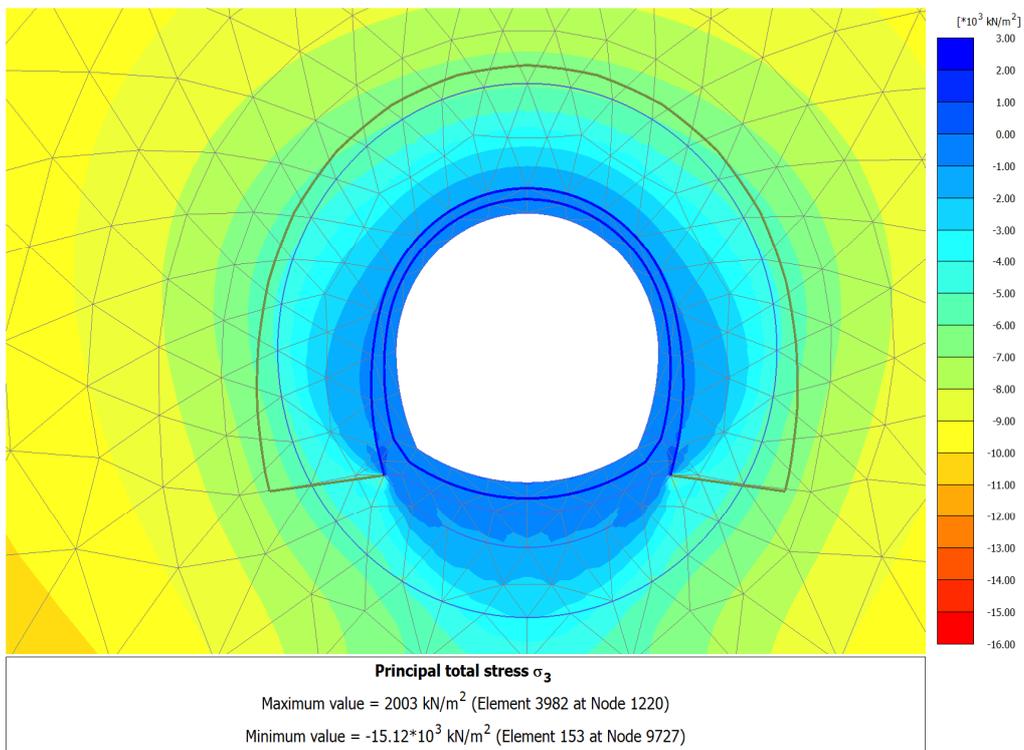


Figura 37: 4.14.7 Calculation results_ TIME_09 (18_12)_ Principal total stress s_3.png

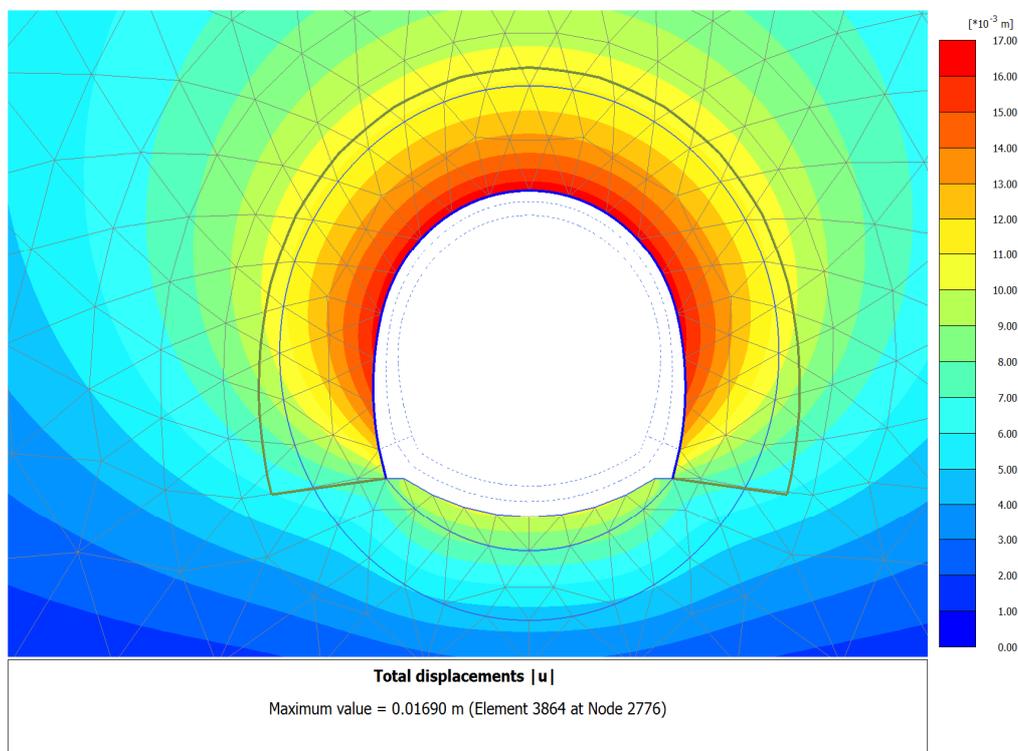


Figura 38: 4.15.2 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Total displacements _u_.png

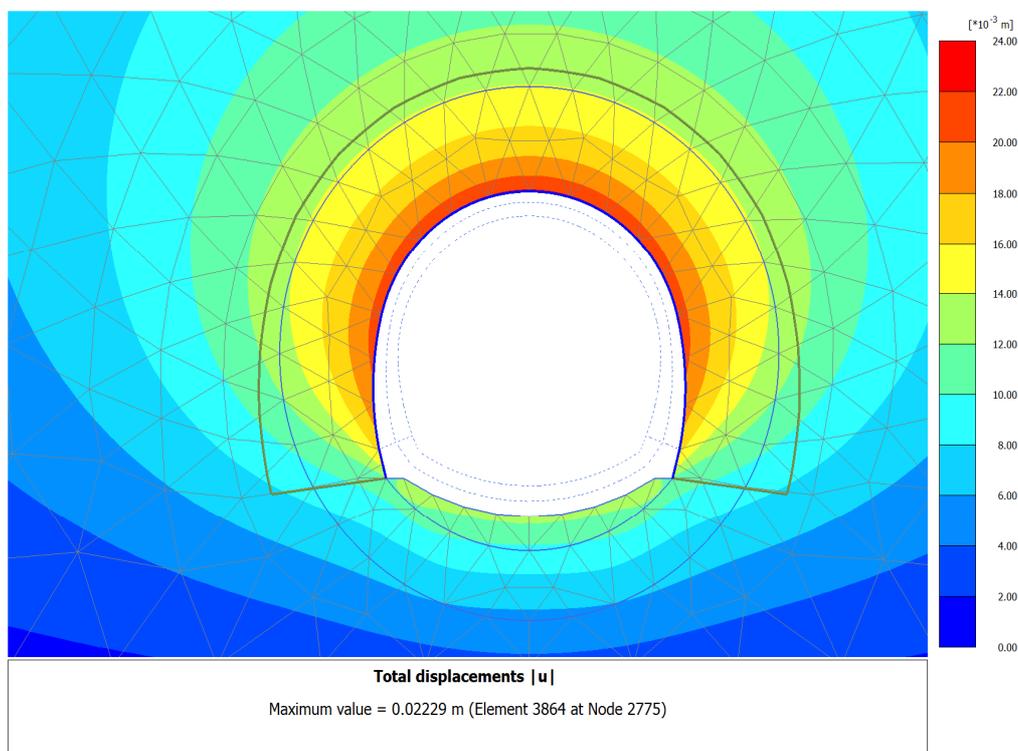


Figura 39: 4.15.3 Calculation results_ TIME_02 (10_6)_ Total displacements _u_.png

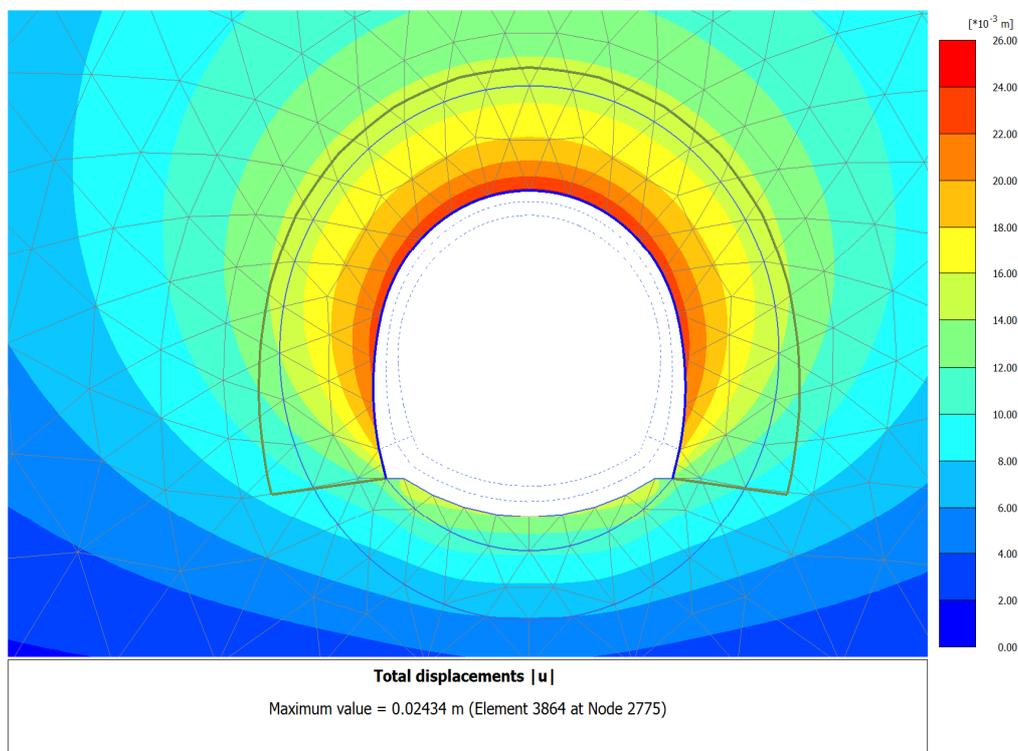


Figura 40: 4.15.4 Calculation results_ TIME_03 (11_7)_ Total displacements _u_.png

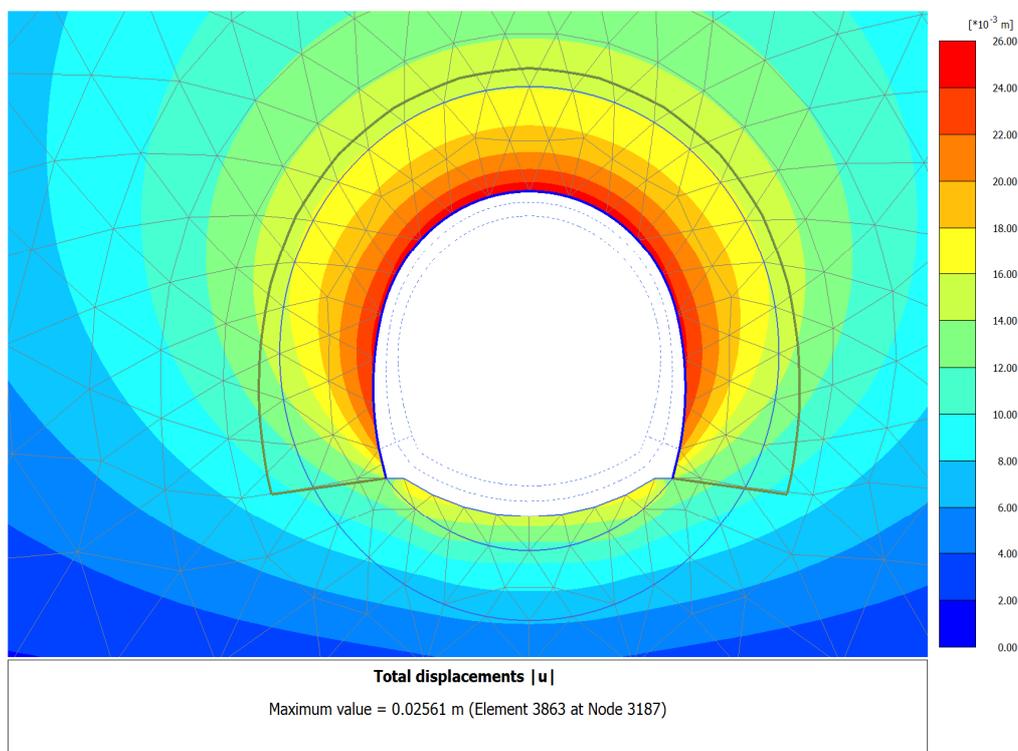


Figura 41: 4.15.8 Calculation results_ TIME_04 (16_13)_ Total displacements _u_.png

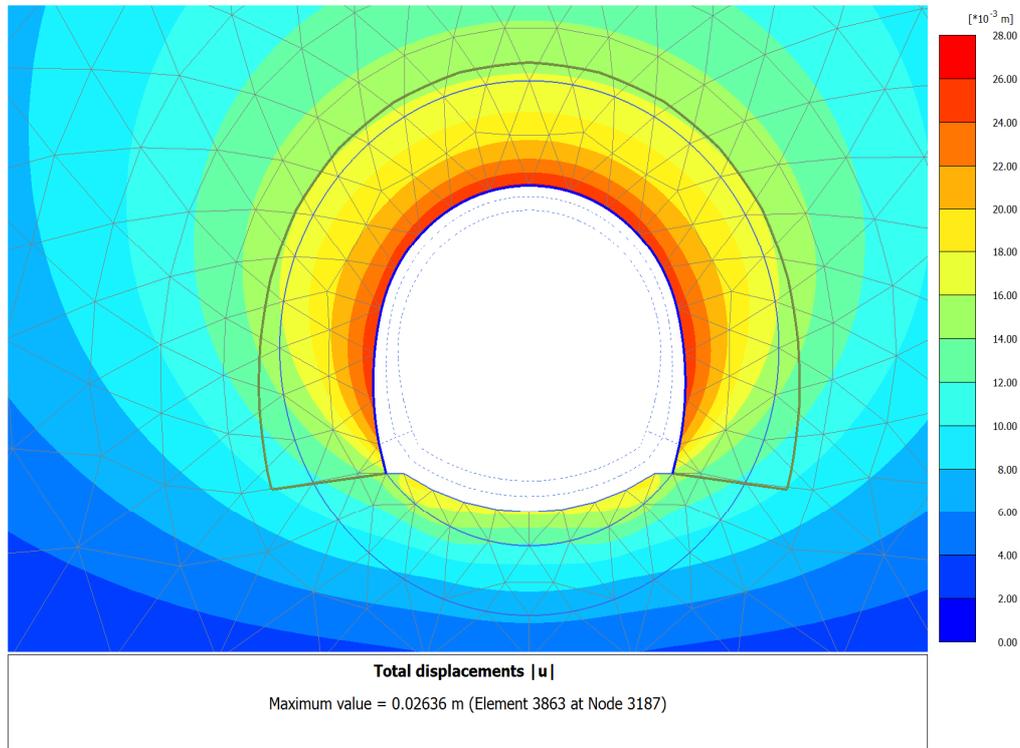


Figura 42: 4.15.5 Calculation results_ TIME_05 (12_8)_ Total displacements _u_.png

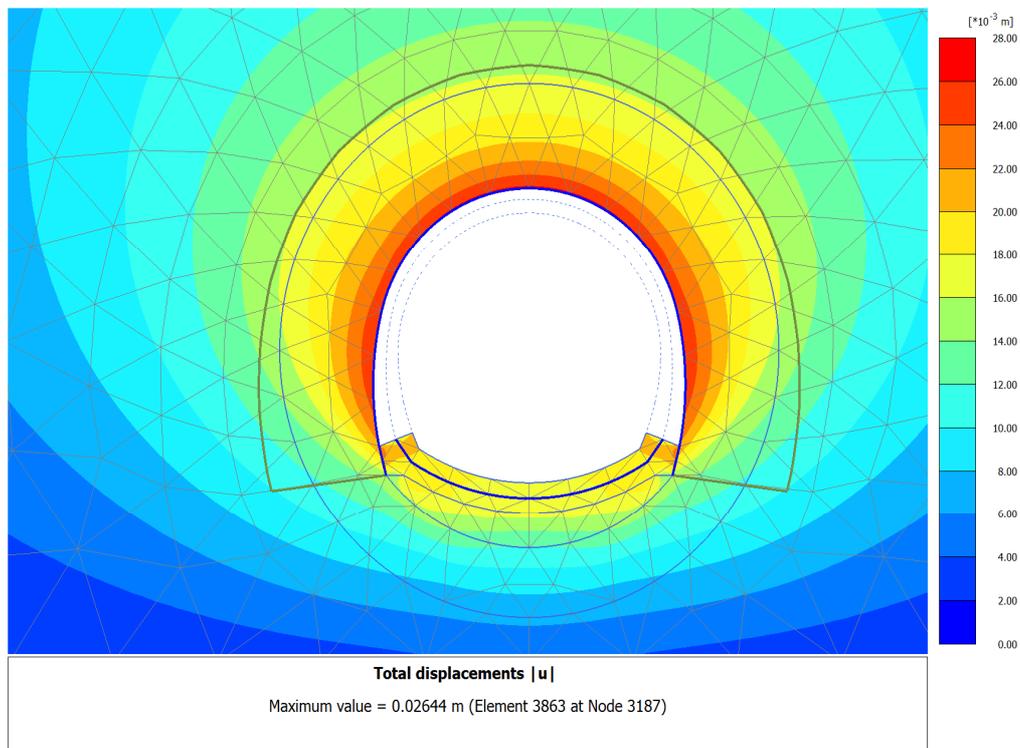


Figura 43: 4.15.10 Calculation results_ TIME_06 (13_23)_ Total displacements _u_.png

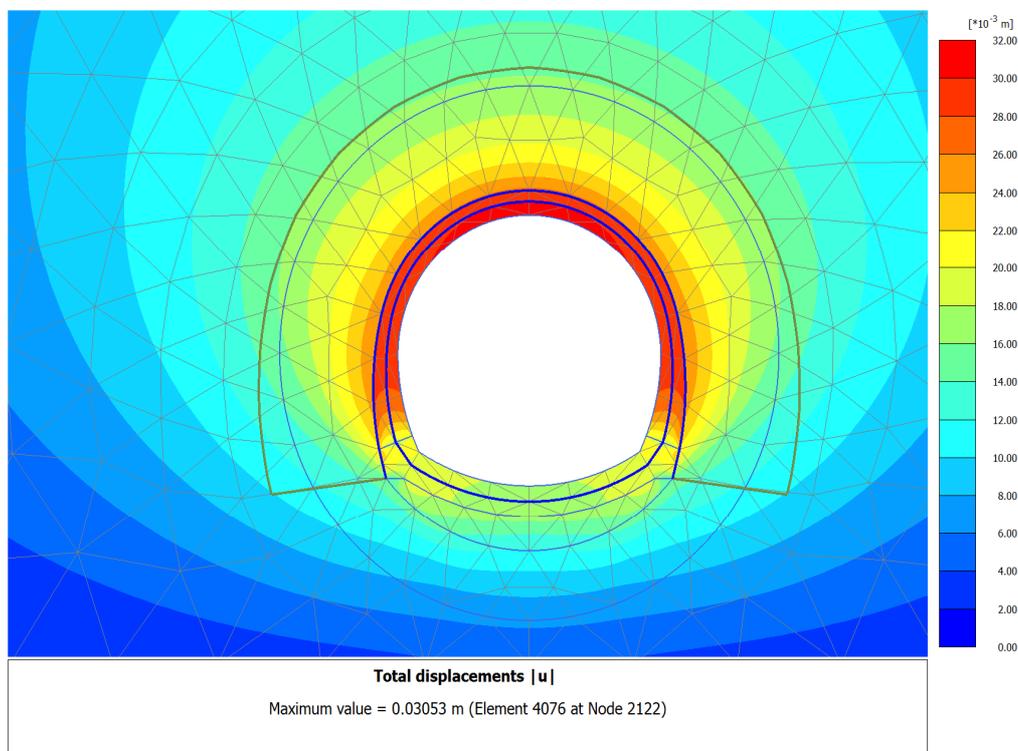


Figura 44: 4.15.6 Calculation results_ TIME_07 (14_10)_ Total displacements _u_.png

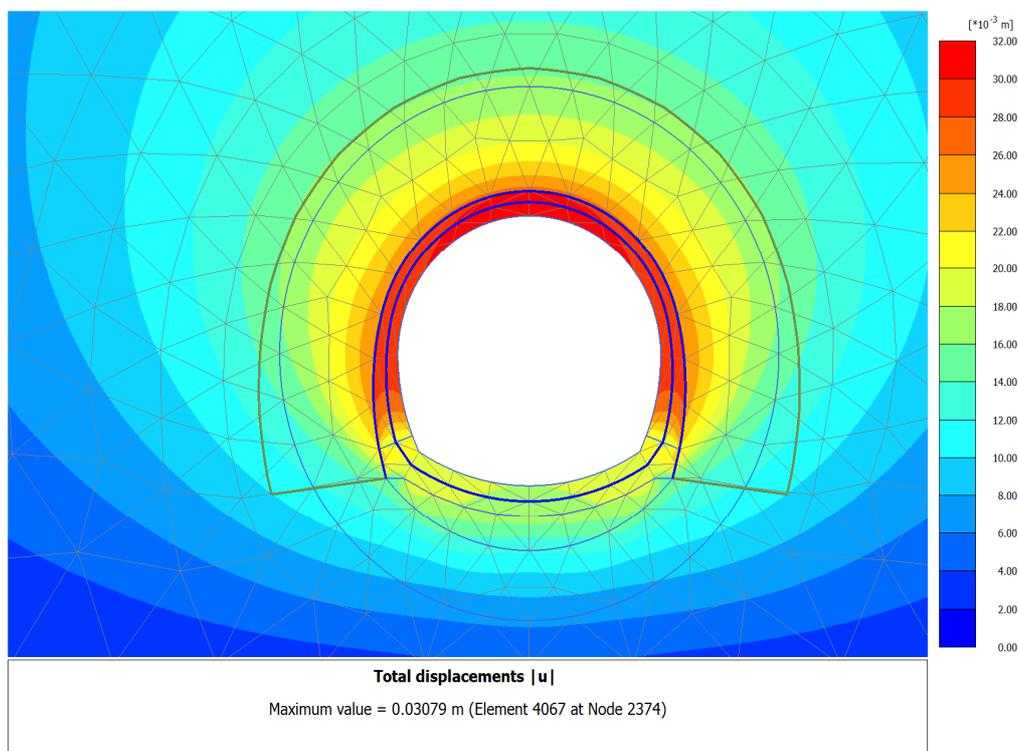


Figura 45: 4.15.9 Calculation results_ TIME_08 (19_20)_ Total displacements _u_.png

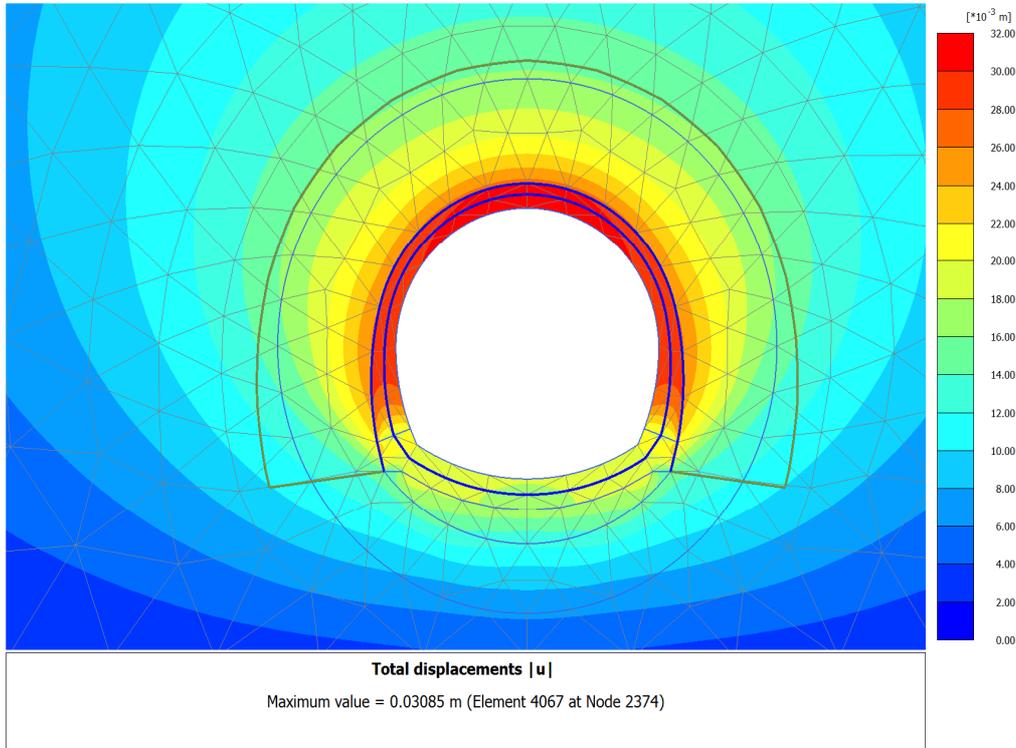


Figura 46: 4.15.7 Calculation results_ TIME_09 (18_12)_ Total displacements _u_.png

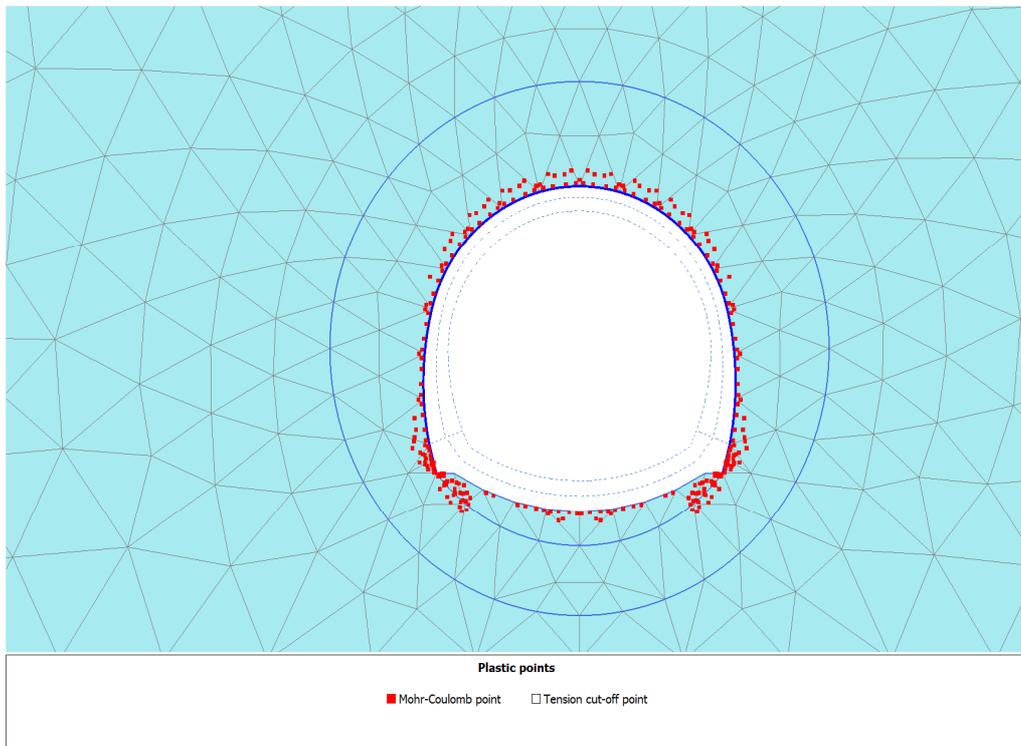


Figura 47: 4.16.2 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Plastic points.png

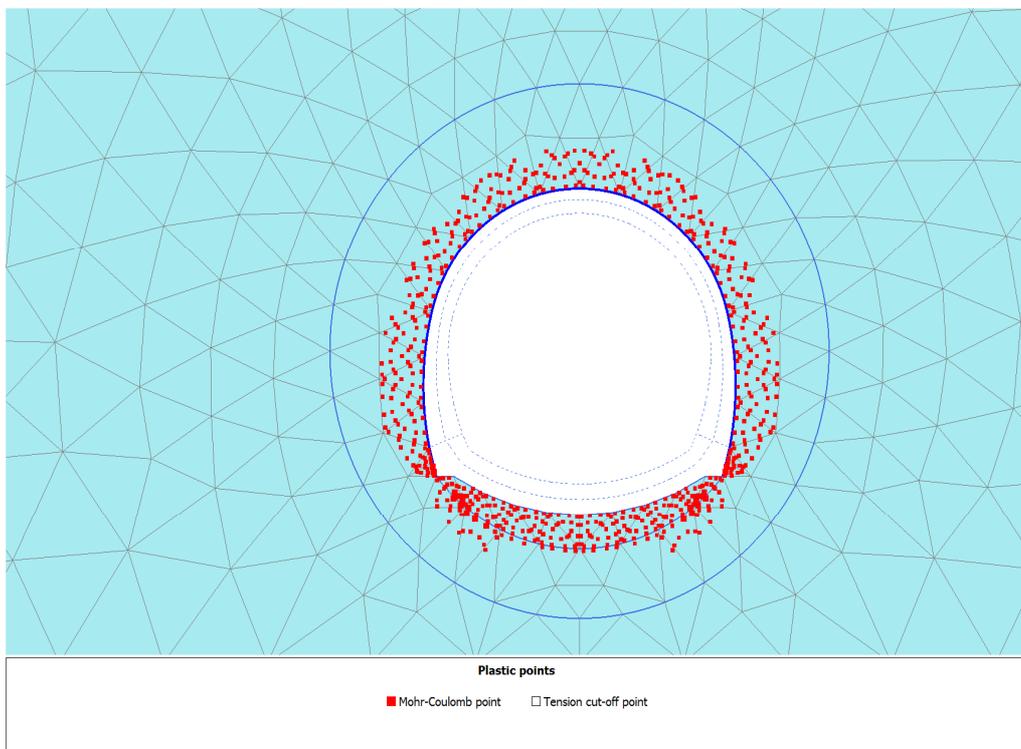


Figura 48: 4.16.3 Calculation results_ TIME_02 (10_6)_ Plastic points.png

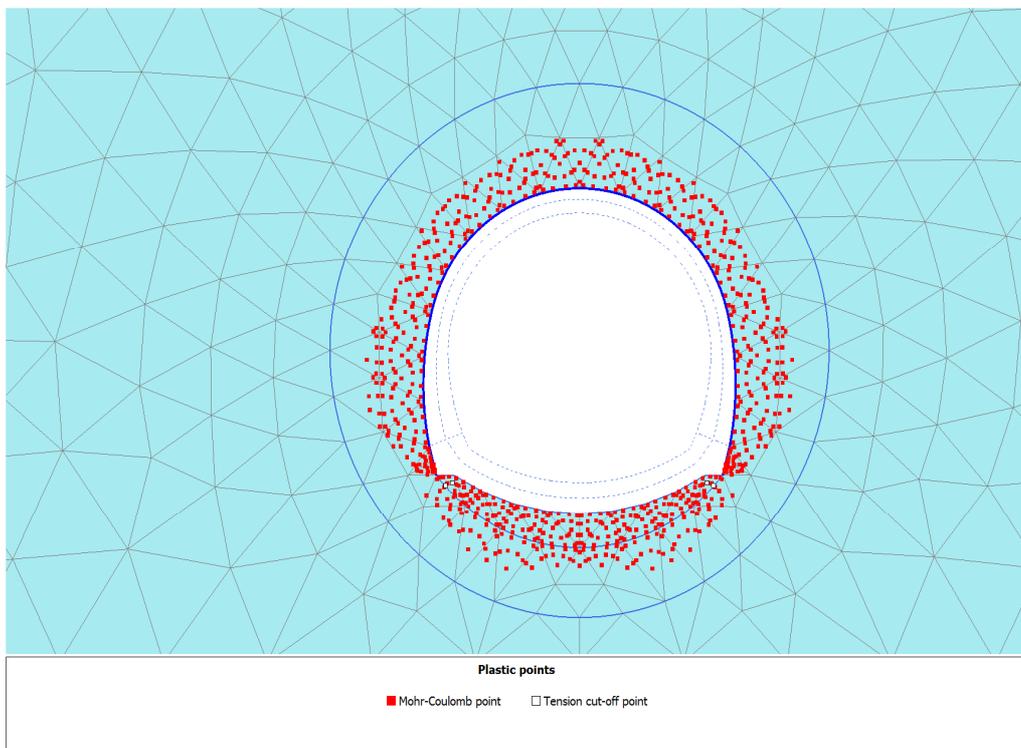


Figura 49: 4.16.4 Calculation results_ TIME_03 (11_7)_ Plastic points.png

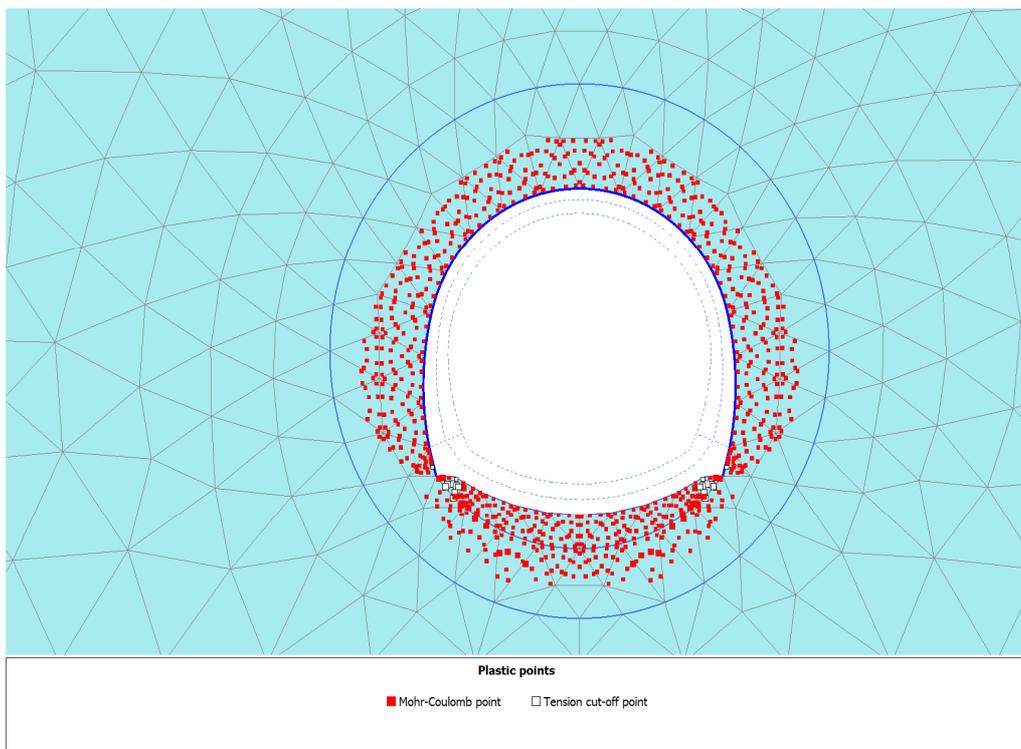


Figura 50: 4.16.8 Calculation results_ TIME_04 (16_13)_ Plastic points.png

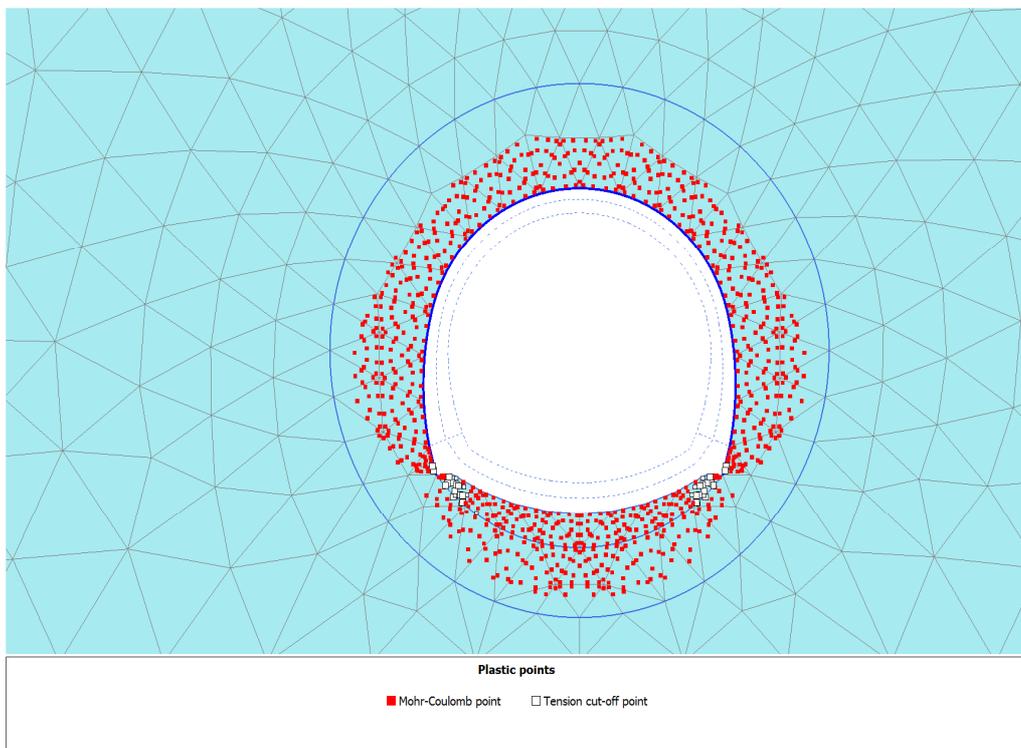


Figura 51: 4.16.5 Calculation results_ TIME_05 (12_8)_ Plastic points.png

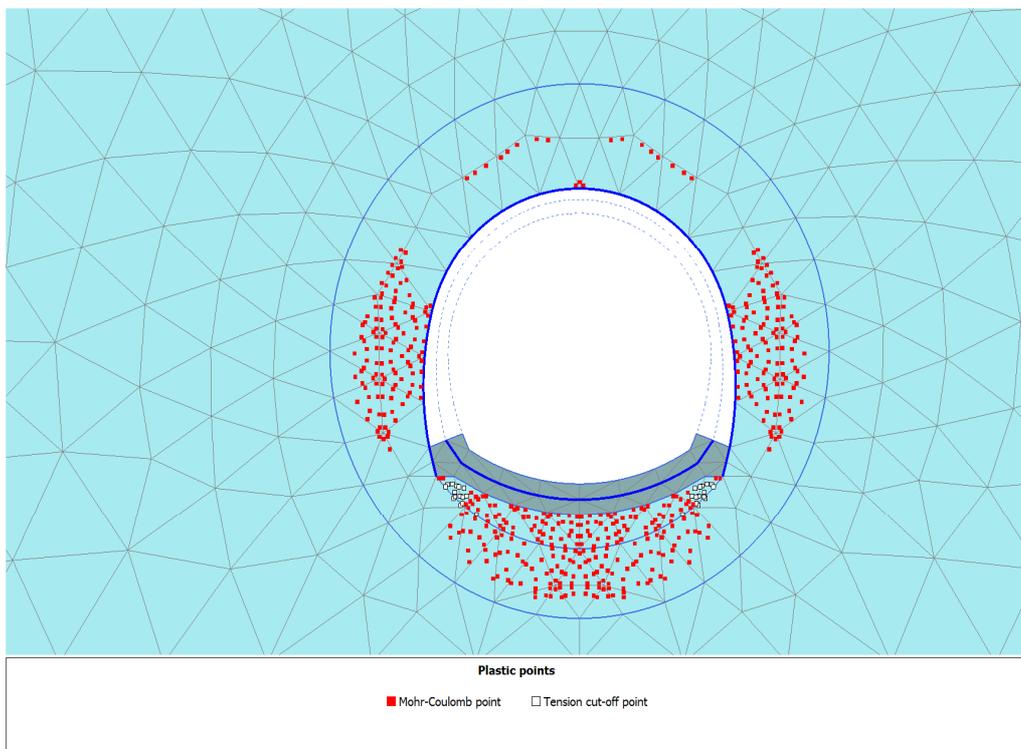


Figura 52: 4.16.10 Calculation results_ TIME_06 (13_23)_ Plastic points.png

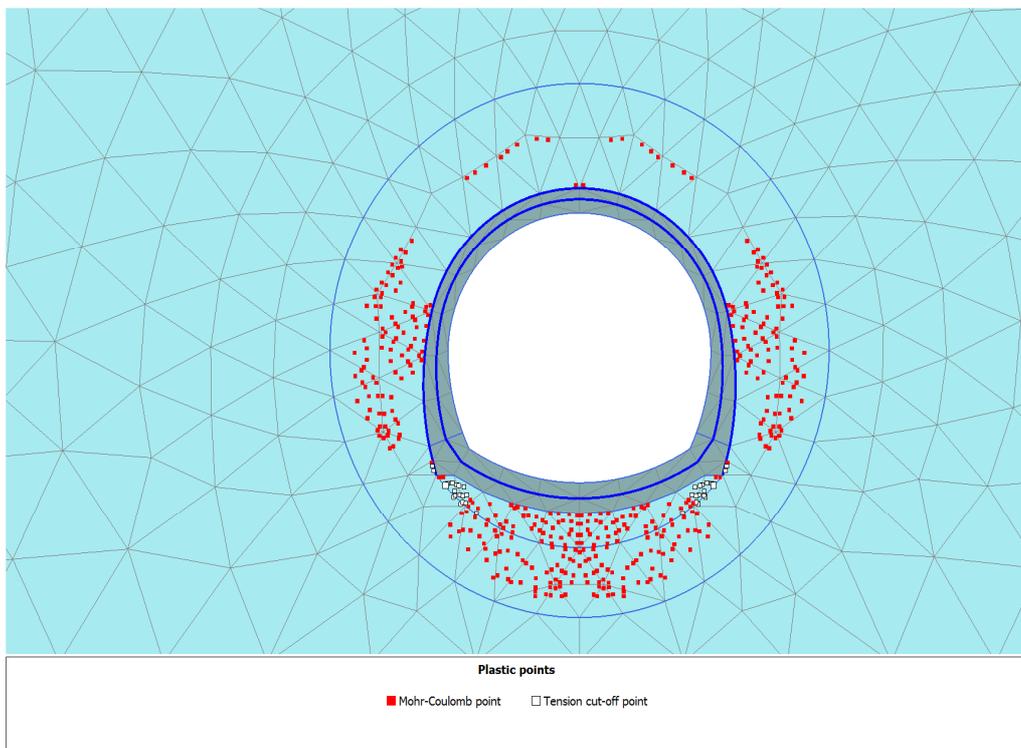


Figura 53: 4.16.6 Calculation results_ TIME_07 (14_10)_ Plastic points.png

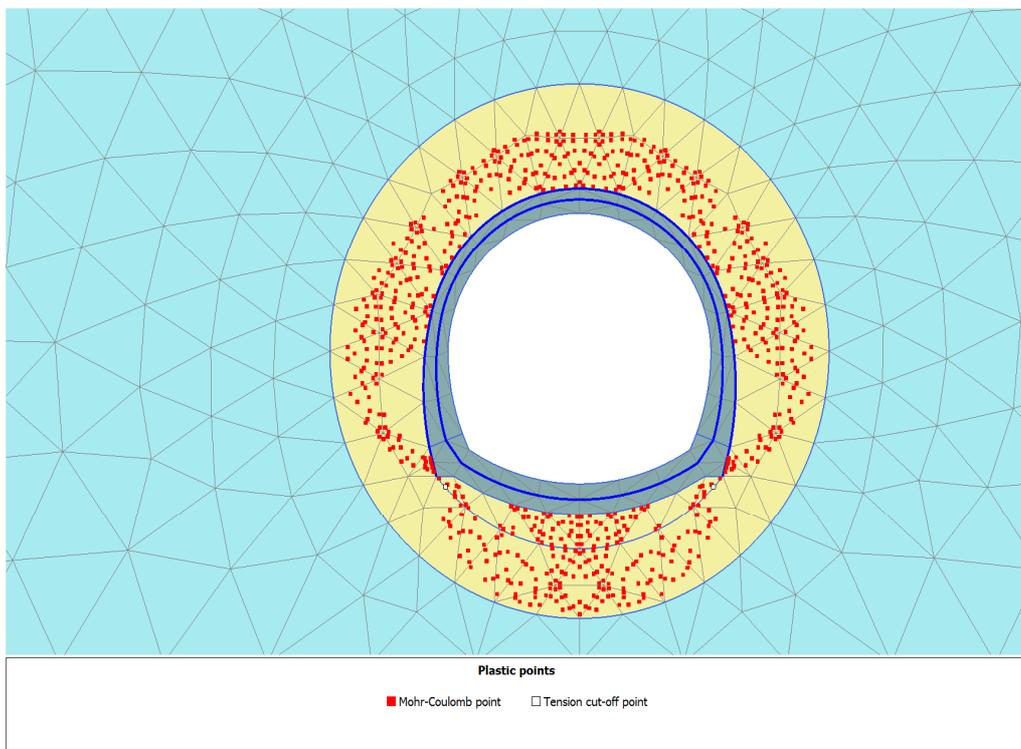


Figura 54: 4.16.9 Calculation results_ TIME_08 (19_20)_ Plastic points.png

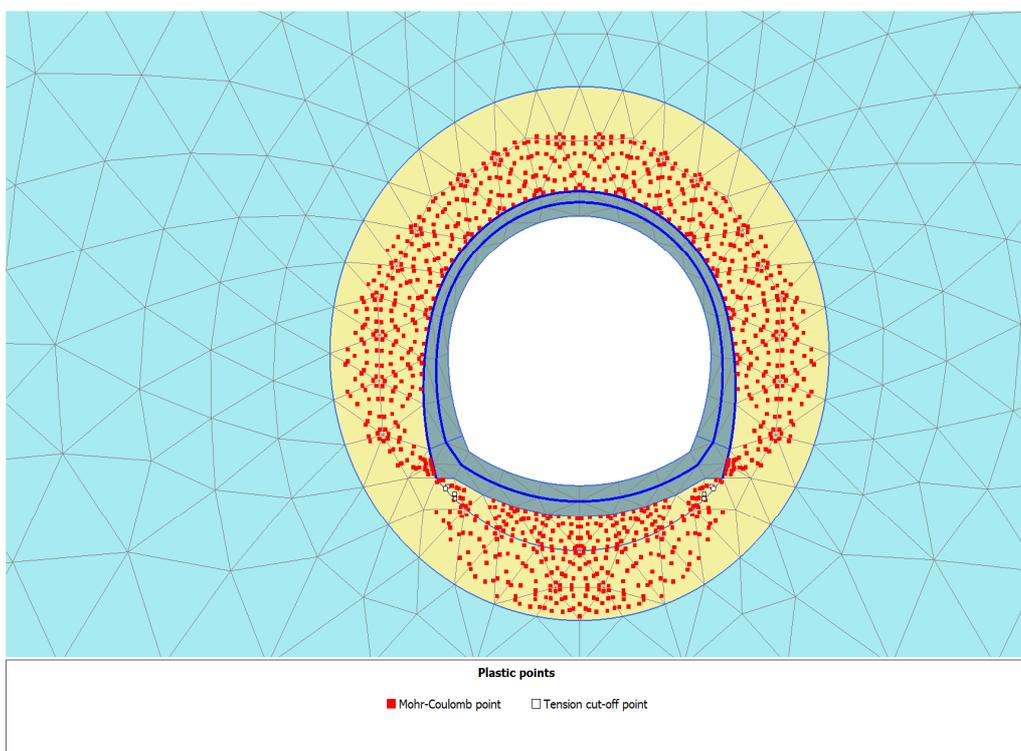


Figura 55: 4.16.7 Calculation results_ TIME_09 (18_12)_ Plastic points.png

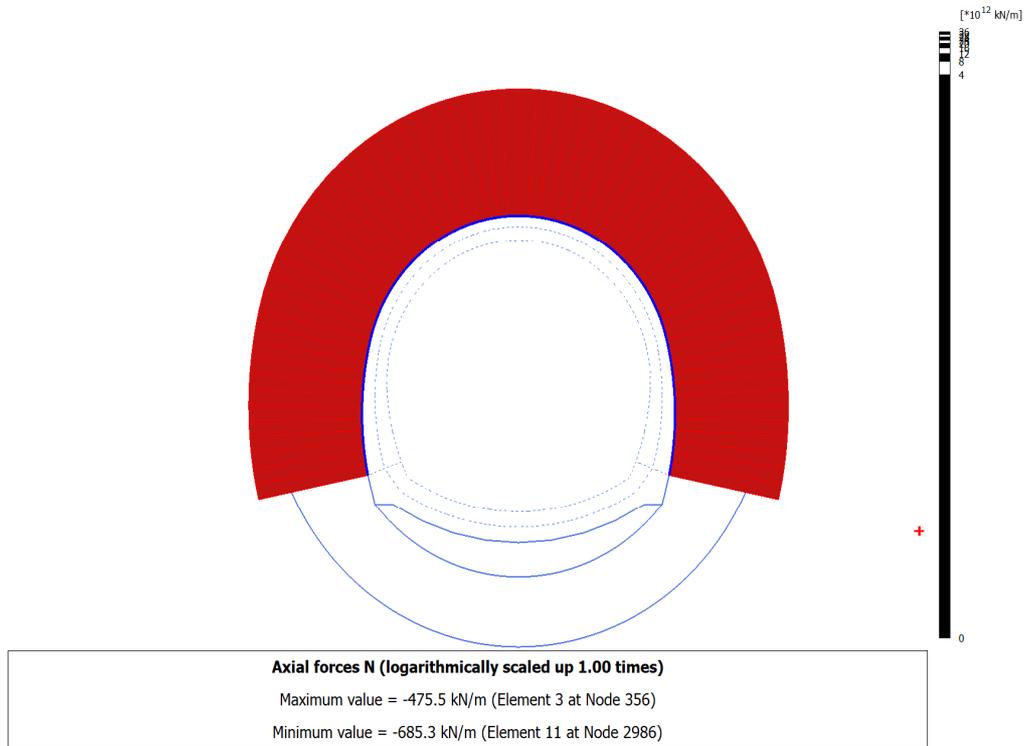


Figura 56: 4.17.4 Calculation results_Plate_TIME_03 (11_7)_ Axial forces N.png

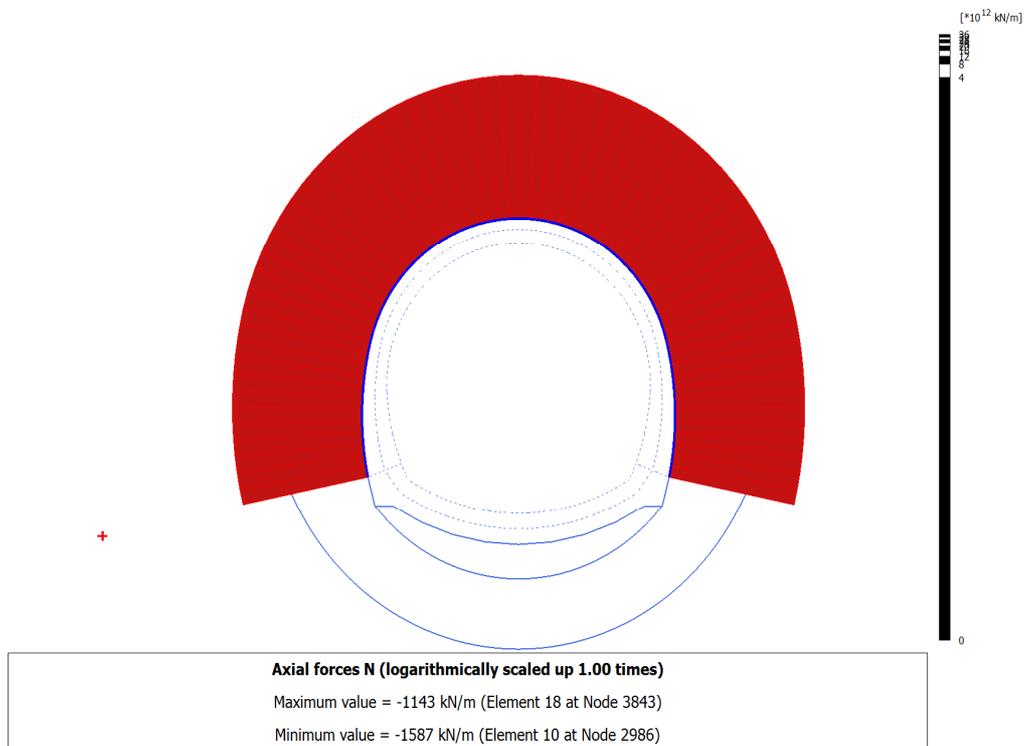


Figura 57: 4.17.8 Calculation results_Plate_TIME_04 (16_13)_ Axial forces N.png

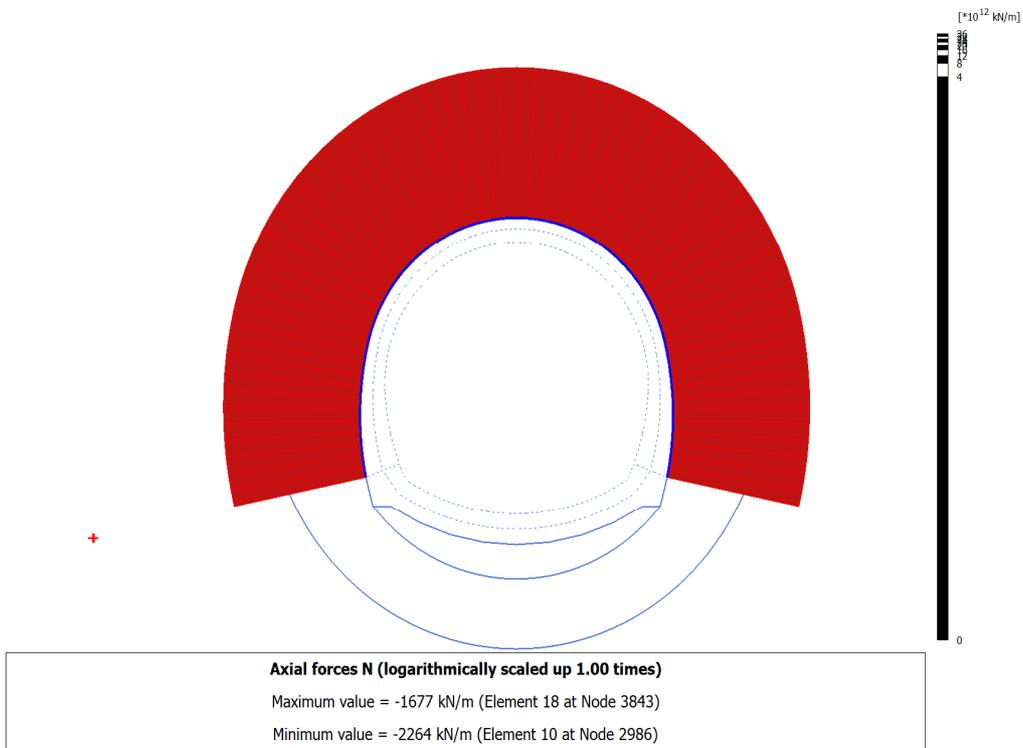


Figura 58: 4.17.5 Calculation results_ Plate_ TIME_05 (12_8)_ Axial forces N.png

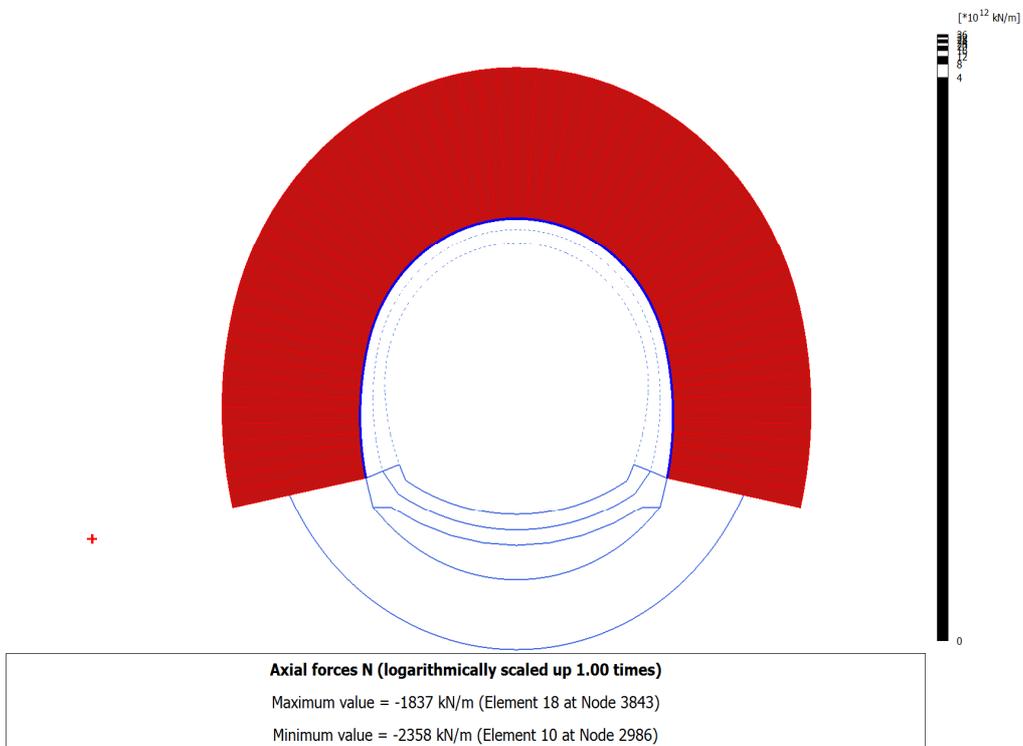


Figura 59: 4.17.10 Calculation results_ Plate_ TIME_06 (13_23)_ Axial forces N.png

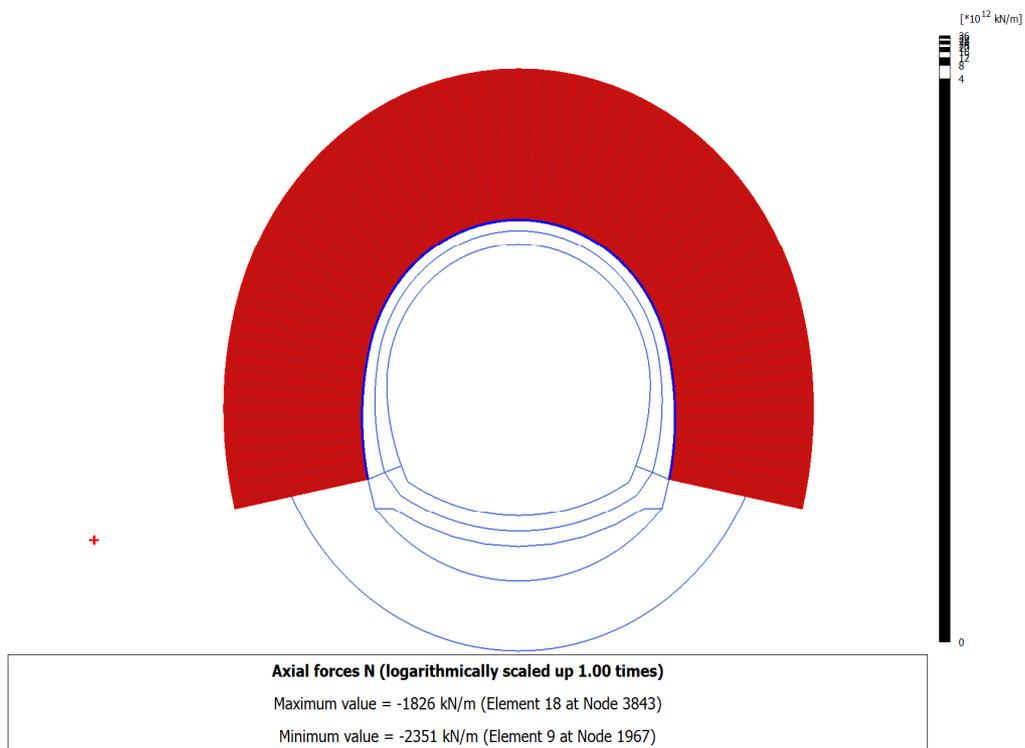


Figura 60: 4.17.6 Calculation results_Plate_TIME_07 (14_10)_ Axial forces N.png

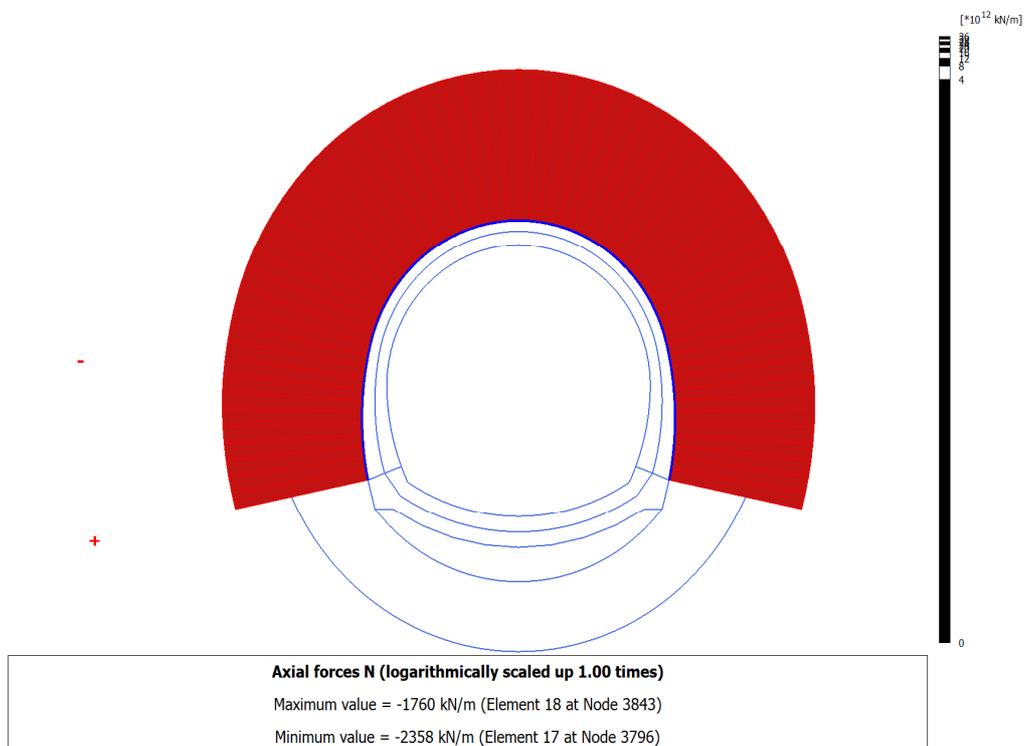


Figura 61: 4.17.9 Calculation results_Plate_TIME_08 (19_20)_ Axial forces N.png

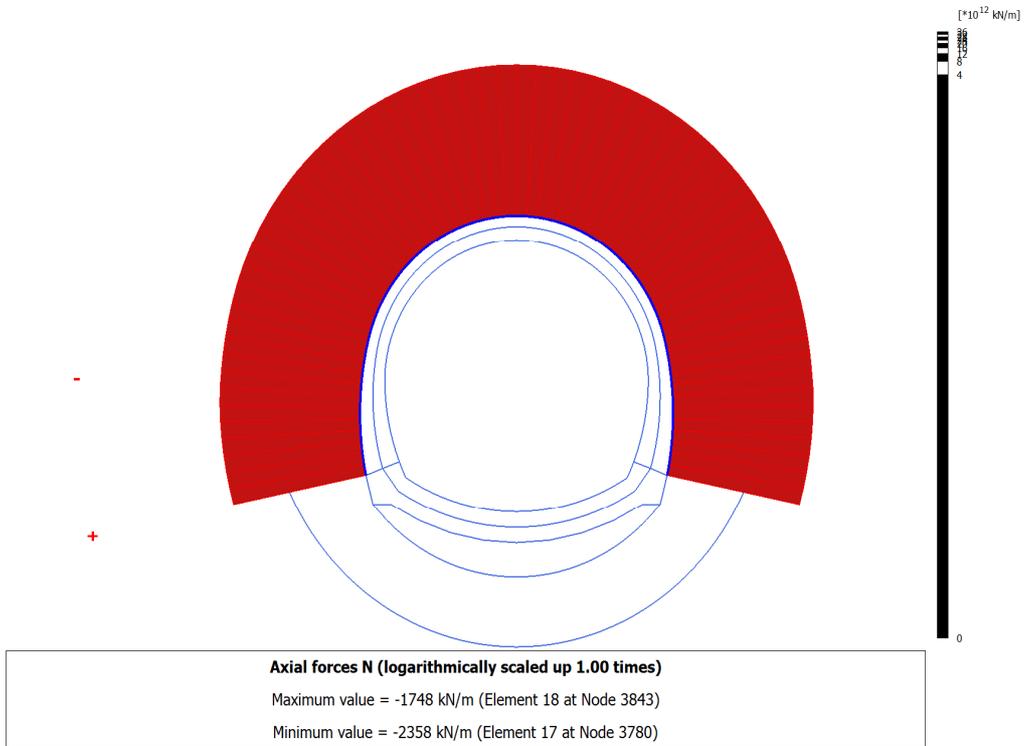


Figura 62: 4.17.7 Calculation results_Plate_TIME_09 (18_12)_ Axial forces N.png

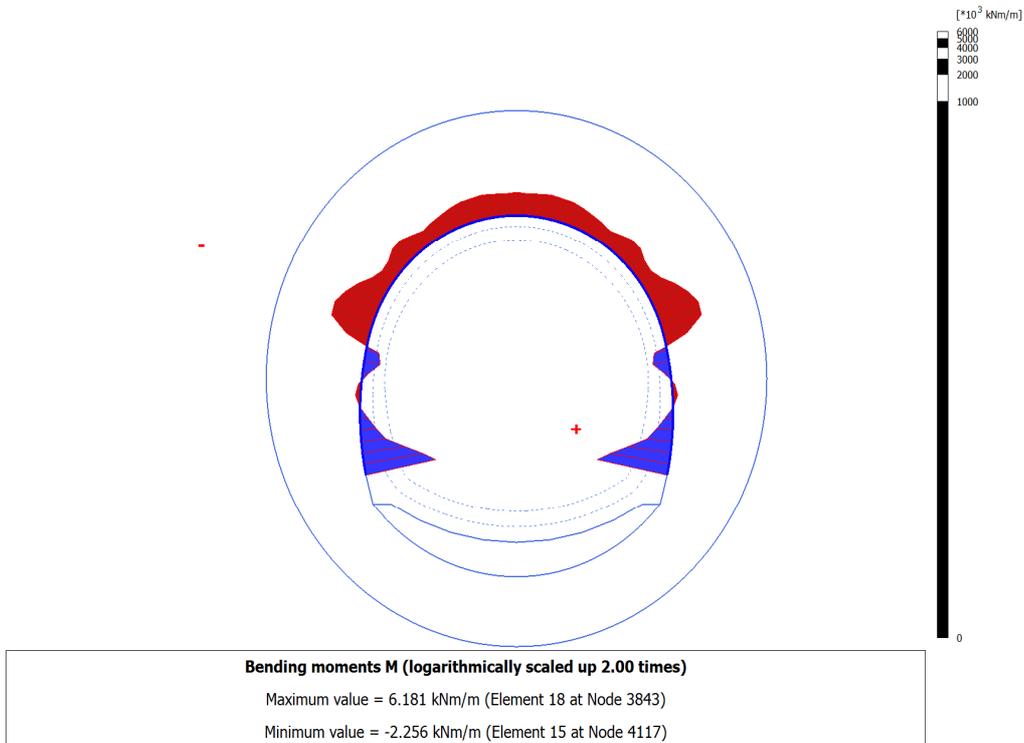
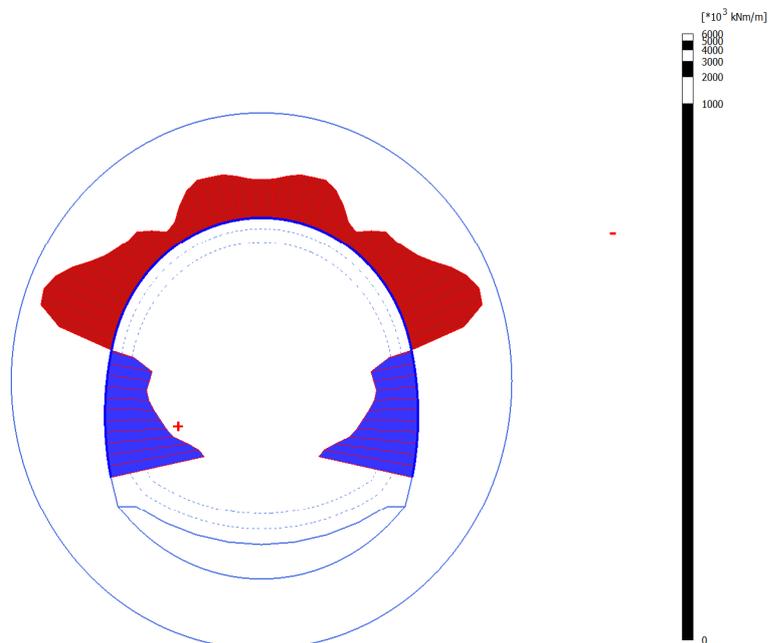


Figura 63: 4.18.4 Calculation results_Plate_TIME_03 (11_7)_ Bending moments M.png

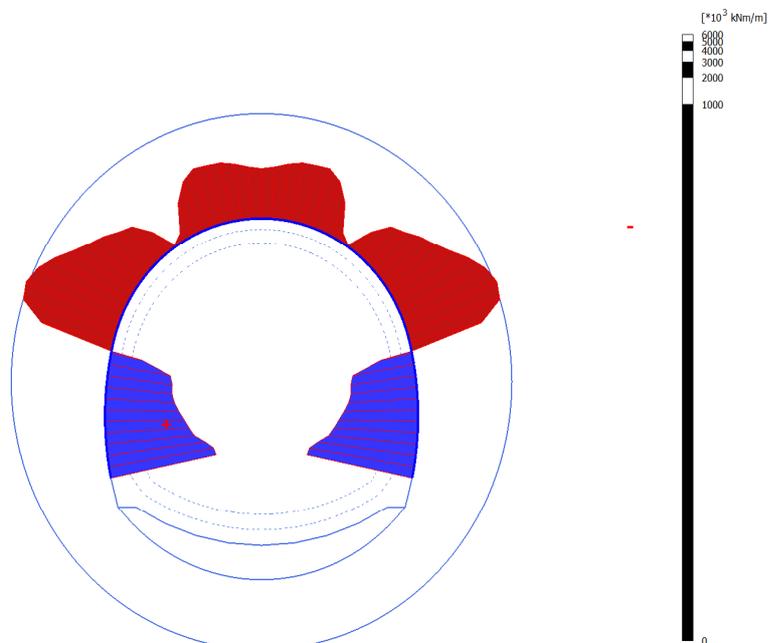


Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 12.89 kNm/m (Element 3 at Node 356)

Minimum value = -8.480 kNm/m (Element 6 at Node 526)

Figura 64: 4.18.8 Calculation results_ Plate_ TIME_04 (16_13)_ Bending moments M.png

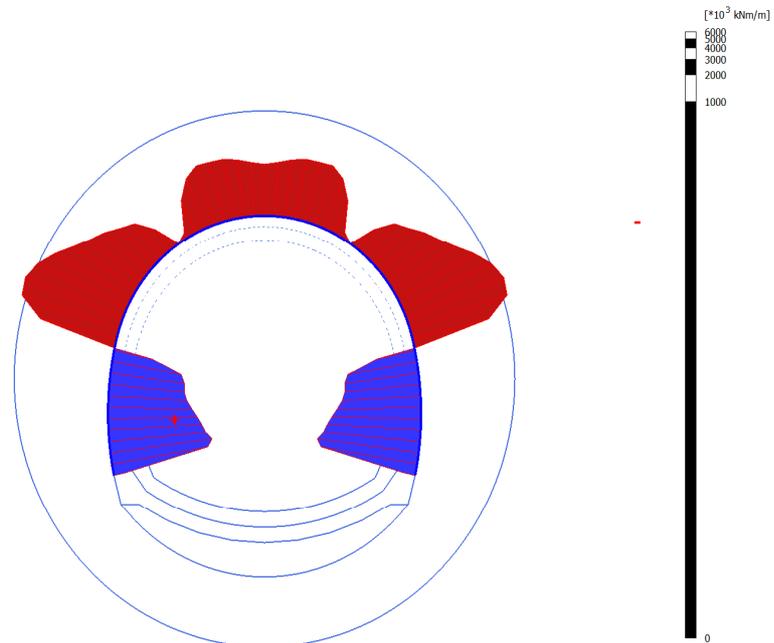


Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 18.41 kNm/m (Element 3 at Node 356)

Minimum value = -15.04 kNm/m (Element 6 at Node 526)

Figura 65: 4.18.5 Calculation results_ Plate_ TIME_05 (12_8)_ Bending moments M.png

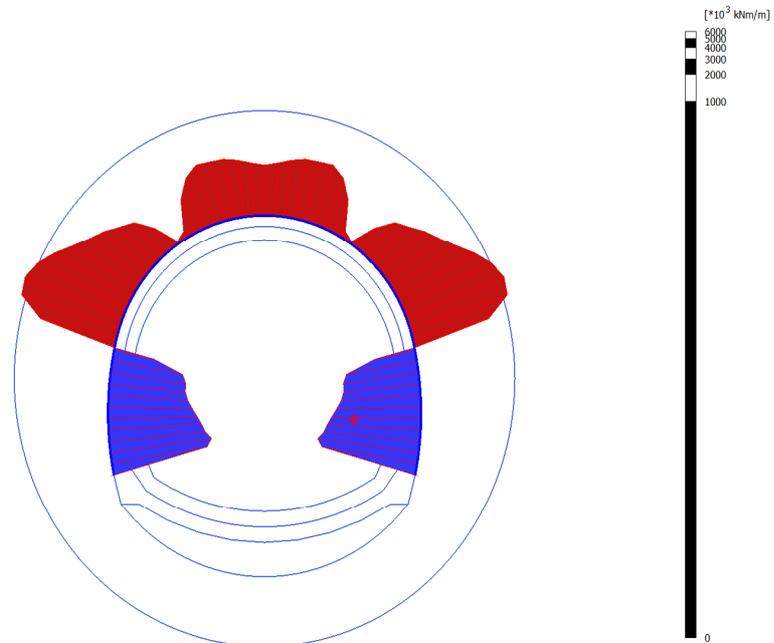


Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 15.94 kNm/m (Element 3 at Node 158)

Minimum value = -16.97 kNm/m (Element 6 at Node 526)

Figura 66: 4.18.10 Calculation results_ Plate_ TIME_06 (13_23)_ Bending moments M.png

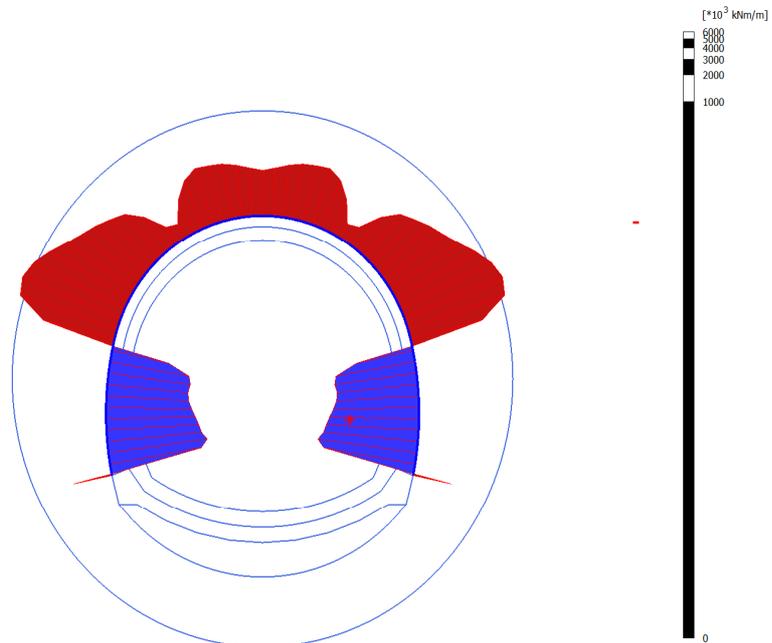


Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 15.69 kNm/m (Element 18 at Node 3846)

Minimum value = -17.11 kNm/m (Element 15 at Node 4117)

Figura 67: 4.18.6 Calculation results_ Plate_ TIME_07 (14_10)_ Bending moments M.png

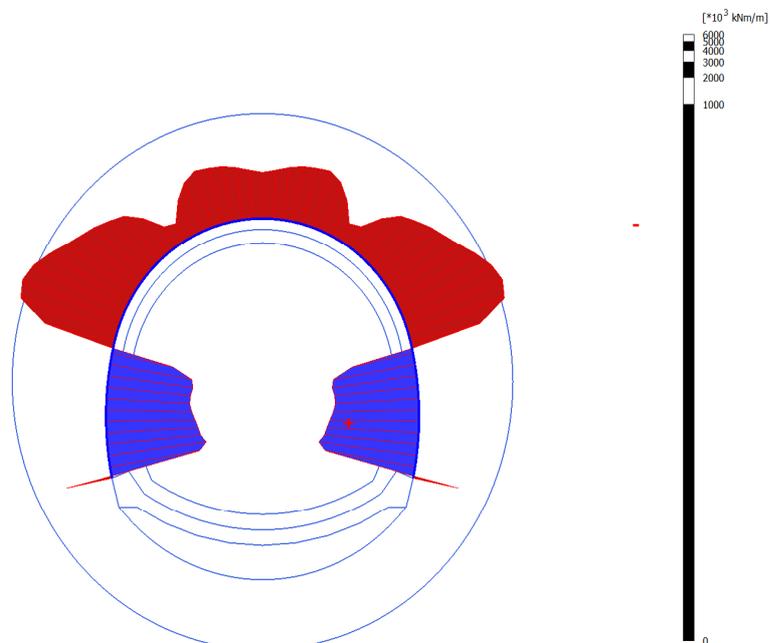


Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 14.65 kNm/m (Element 18 at Node 3846)

Minimum value = -17.42 kNm/m (Element 6 at Node 526)

Figura 68: 4.18.9 Calculation results_ Plate_ TIME_08 (19_20)_ Bending moments M.png



Bending moments M (logarithmically scaled up 2.00 times)

Maximum value = 14.22 kNm/m (Element 18 at Node 3846)

Minimum value = -17.40 kNm/m (Element 6 at Node 526)

Figura 69: 4.18.7 Calculation results_ Plate_ TIME_09 (18_12)_ Bending moments M.png

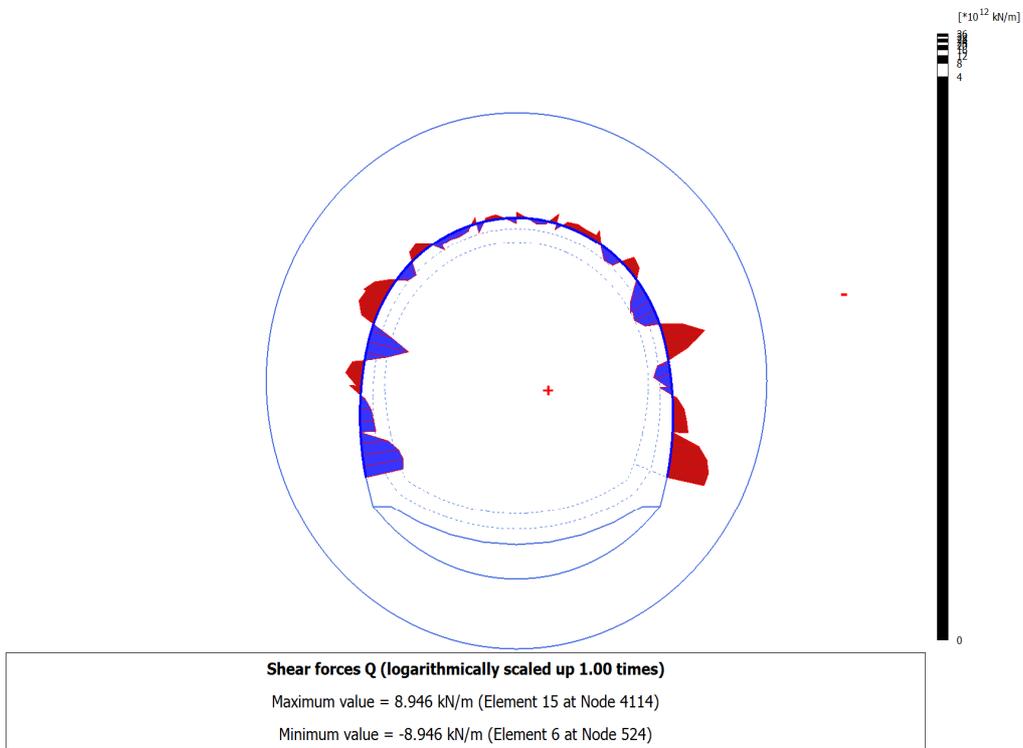


Figura 70: 4.19.4 Calculation results_Plate_TIME_03 (11_7)_ Shear forces Q.png

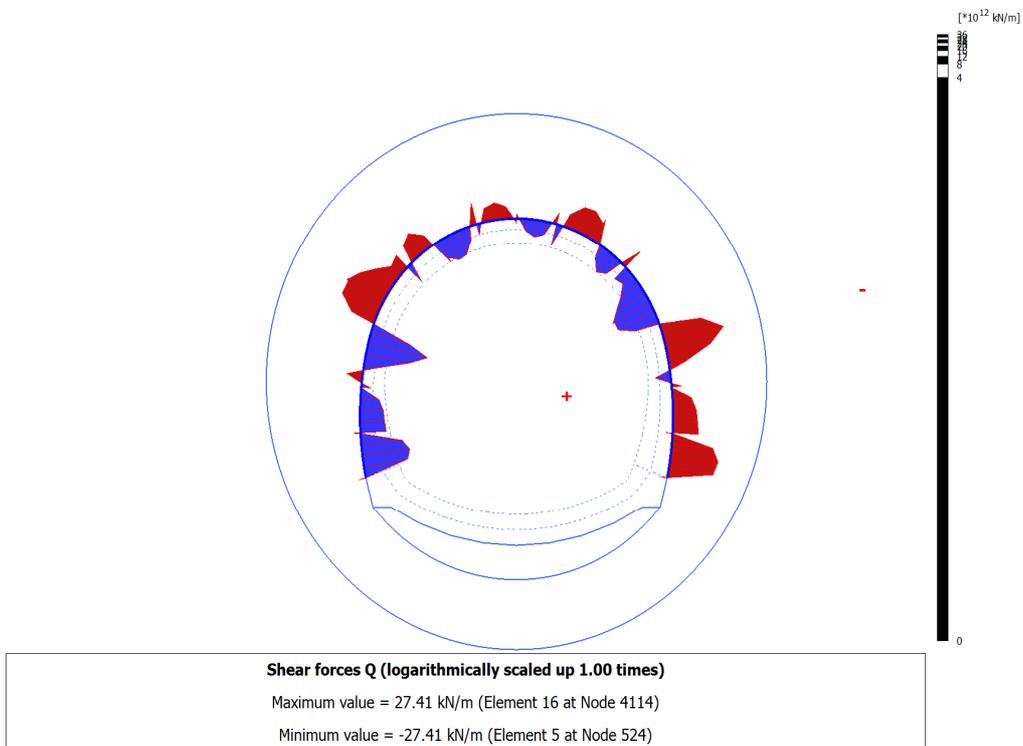
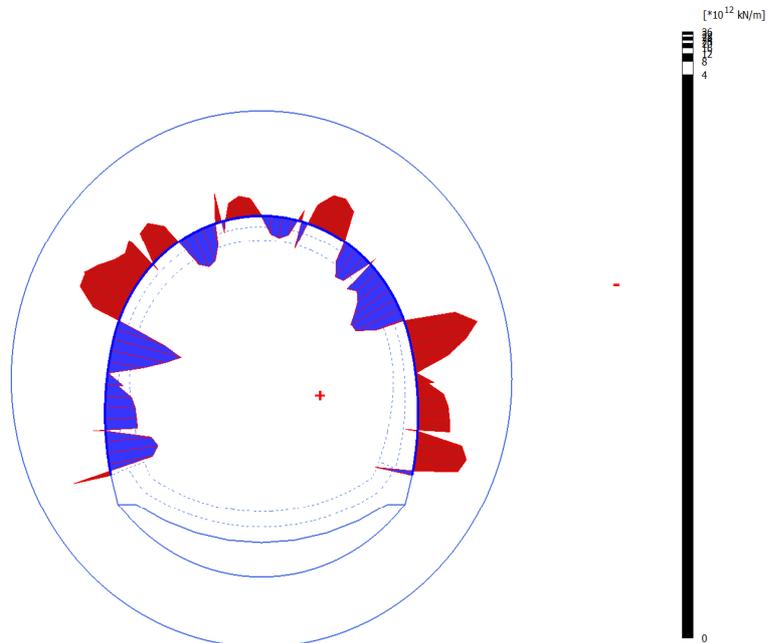
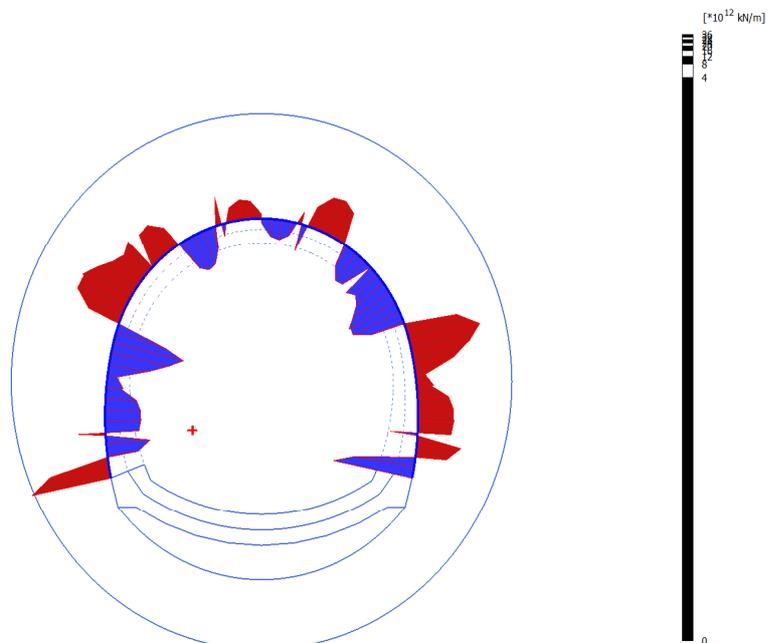


Figura 71: 4.19.8 Calculation results_Plate_TIME_04 (16_13)_ Shear forces Q.png



Shear forces Q (logarithmically scaled up 1.00 times)
 Maximum value = 45.93 kN/m (Element 16 at Node 4114)
 Minimum value = -45.93 kN/m (Element 5 at Node 524)

Figura 72: 4.19.5 Calculation results_Plate_TIME_05 (12_8)_ Shear forces Q.png



Shear forces Q (logarithmically scaled up 1.00 times)
 Maximum value = 84.29 kN/m (Element 3 at Node 356)
 Minimum value = -84.30 kN/m (Element 18 at Node 3843)

Figura 73: 4.19.10 Calculation results_Plate_TIME_06 (13_23)_ Shear forces Q.png

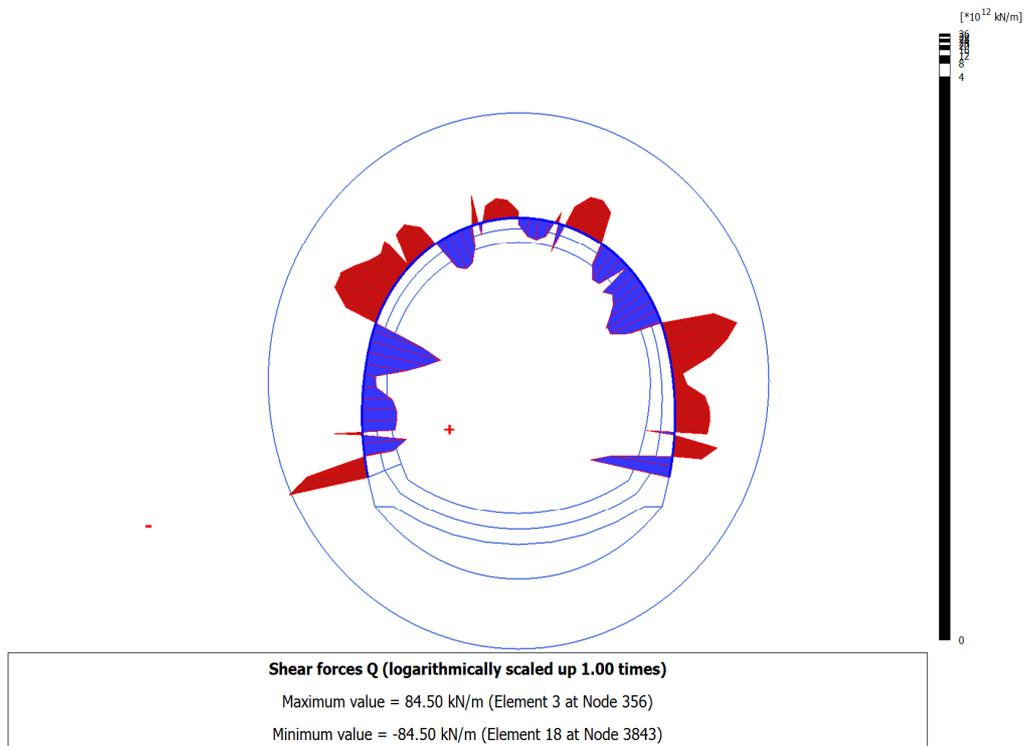


Figura 74: 4.19.6 Calculation results_Plate_TIME_07 (14_10)_ Shear forces Q.png

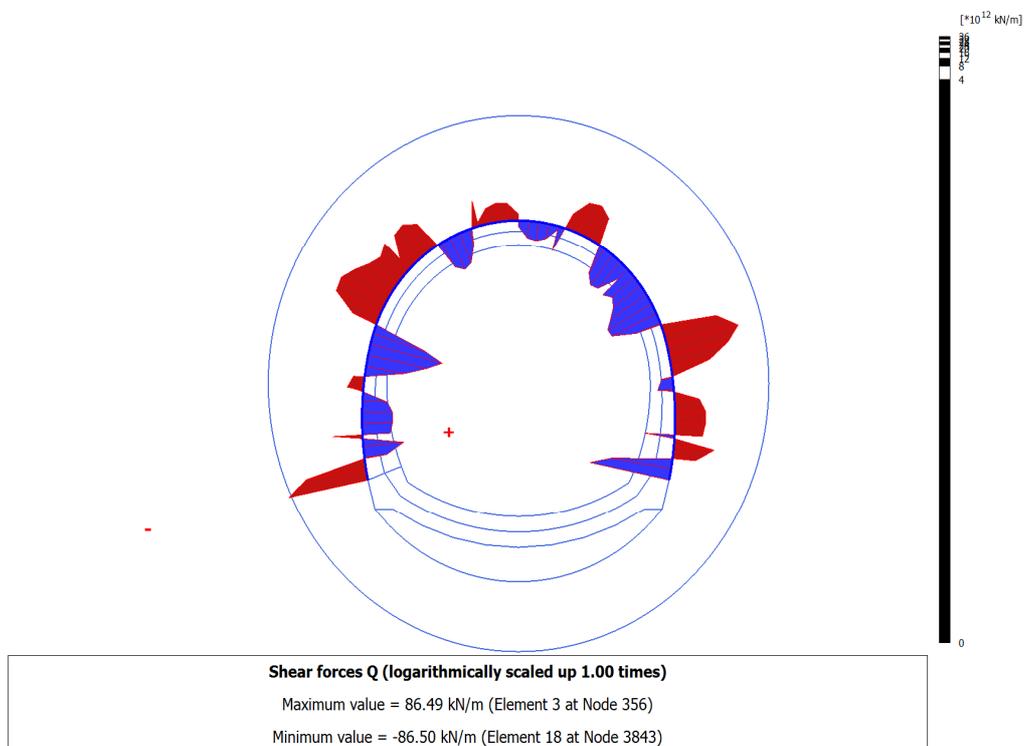


Figura 75: 4.19.9 Calculation results_Plate_TIME_08 (19_20)_ Shear forces Q.png

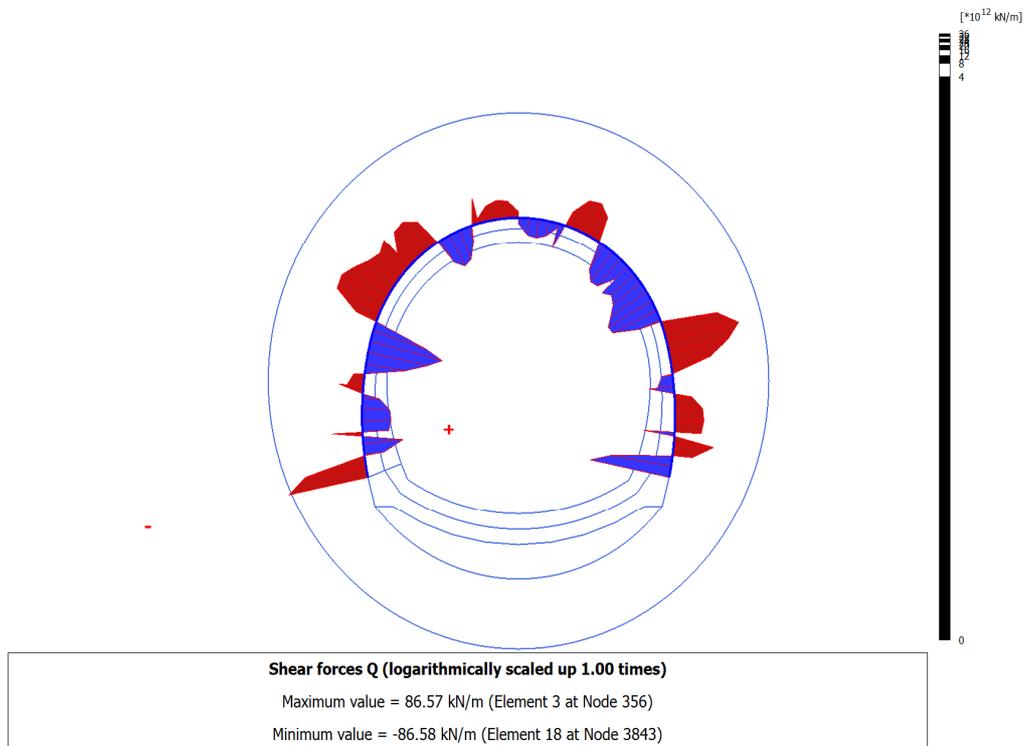


Figura 76: 4.19.7 Calculation results_Plate_TIME_09 (18_12)_ Shear forces Q.png

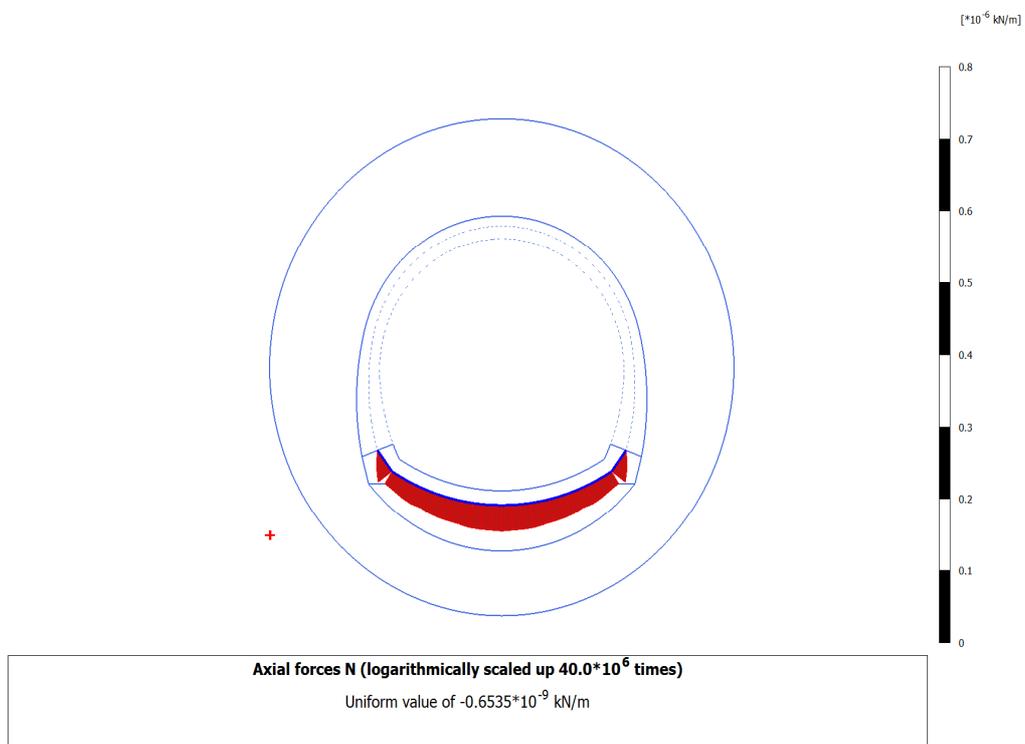


Figura 77: 4.20.10 Calculation results_Plate_TIME_06 (13_23)_ Axial forces N.png

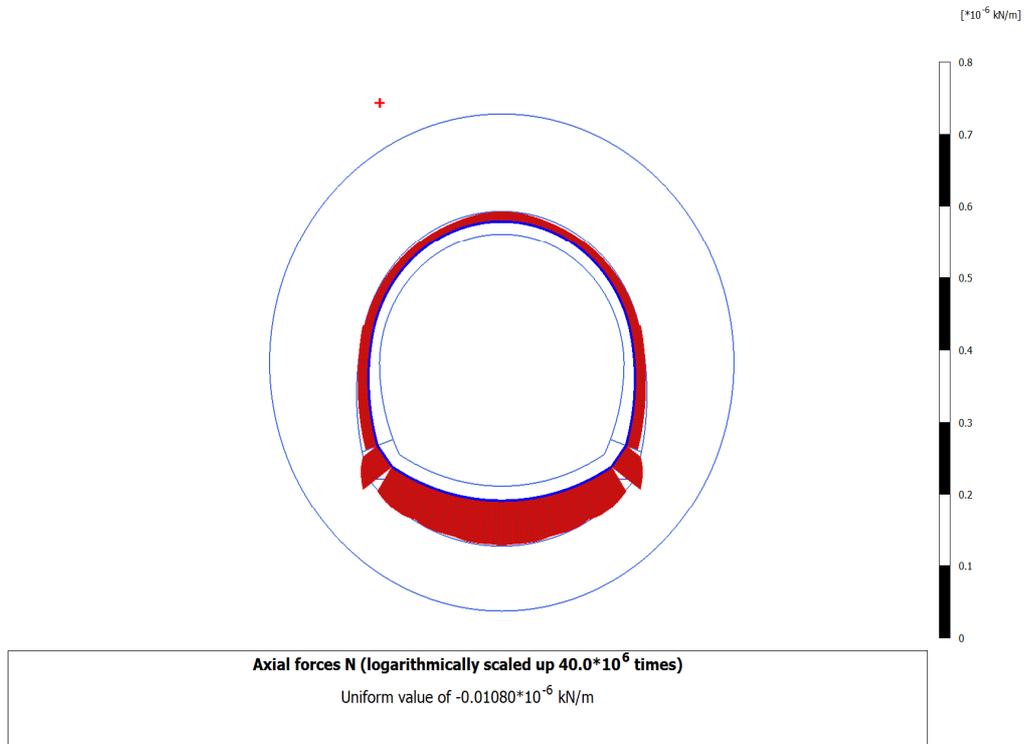


Figura 78: 4.20.6 Calculation results_Plate_TIME_07 (14_10)_ Axial forces N.png

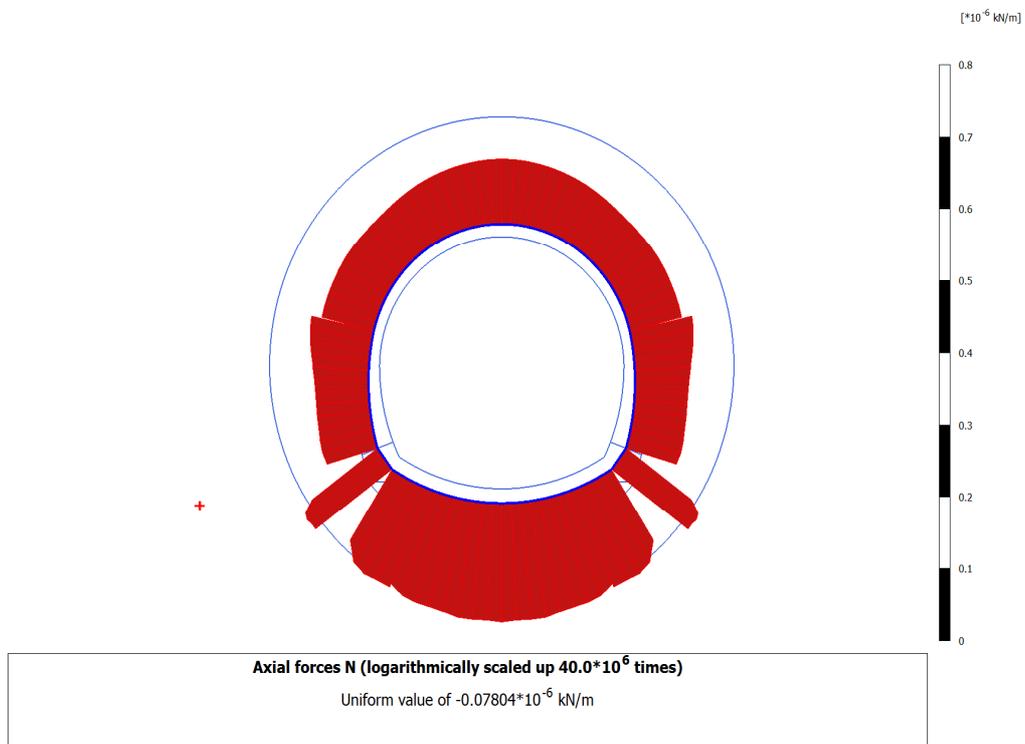


Figura 79: 4.20.9 Calculation results_Plate_TIME_08 (19_20)_ Axial forces N.png

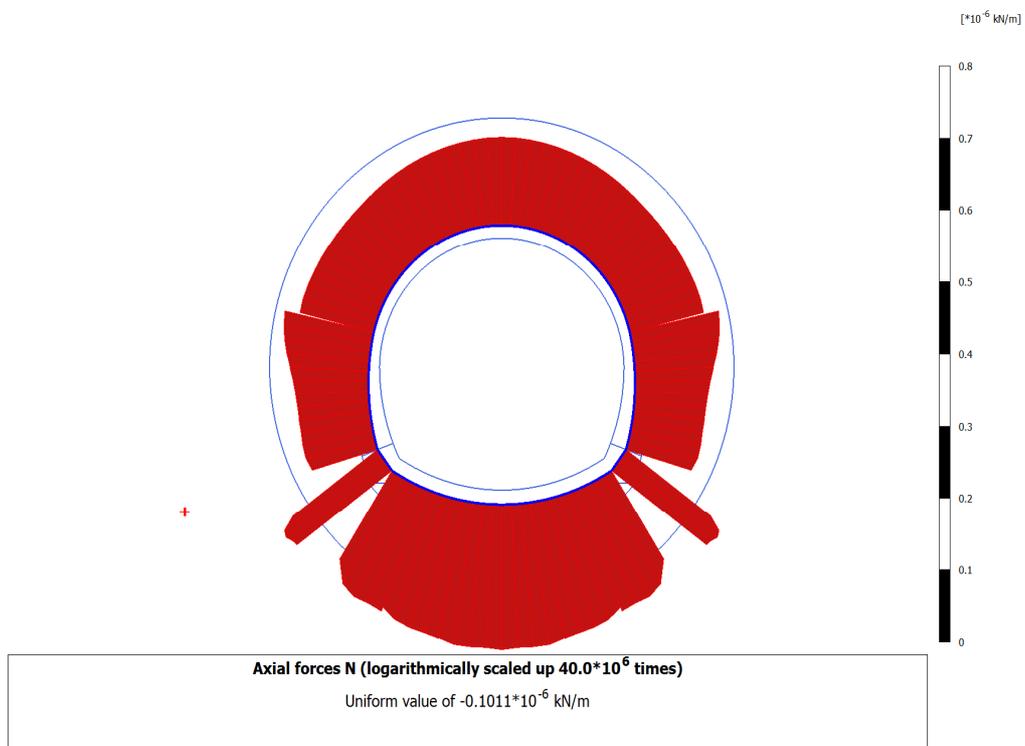


Figura 80: 4.20.7 Calculation results_Plate_TIME_09 (18_12)_ Axial forces N.png

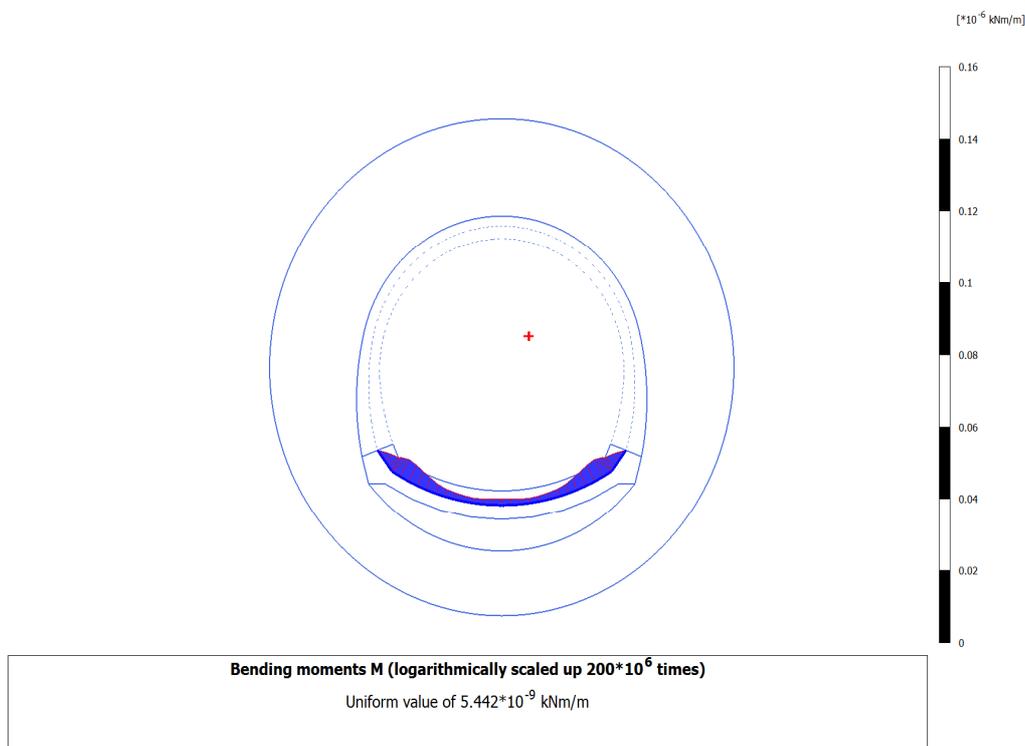


Figura 81: 4.21.10 Calculation results_Plate_TIME_06 (13_23)_ Bending moments M.png

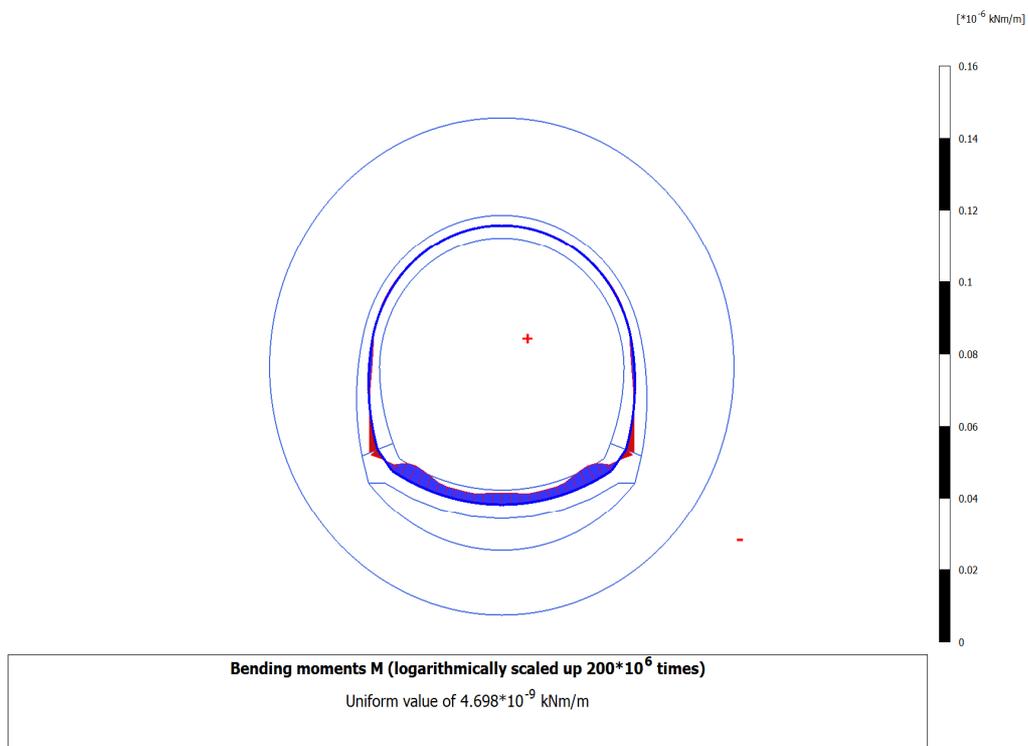


Figura 82: 4.21.6 Calculation results_ Plate_ TIME_07 (14_10)_ Bending moments M.png

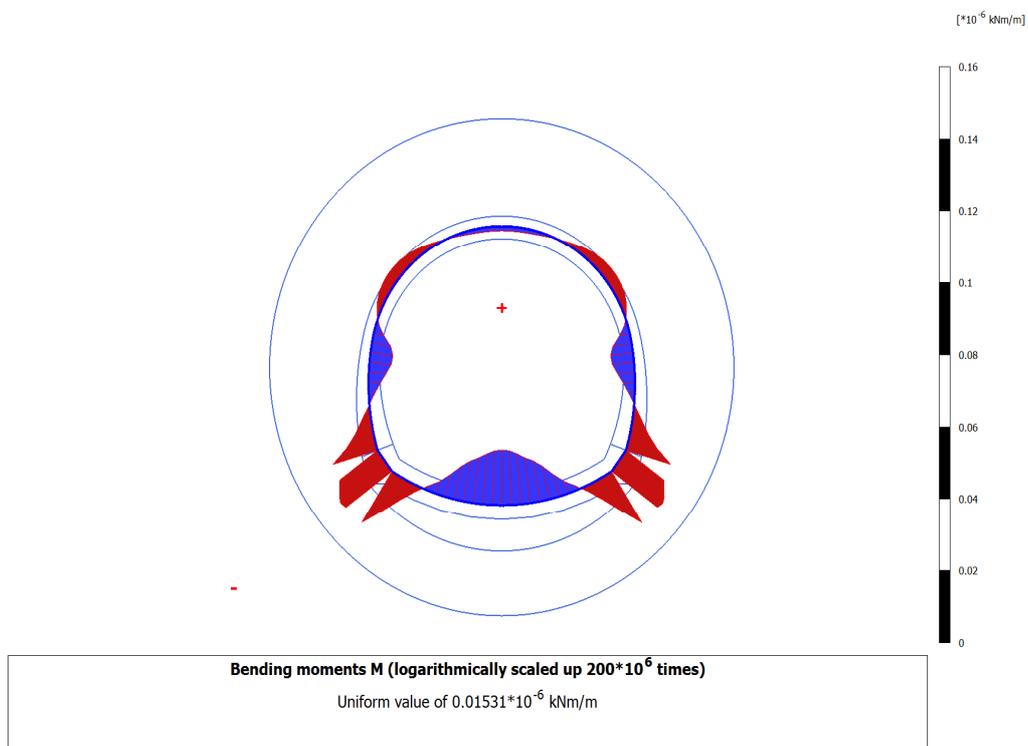


Figura 83: 4.21.9 Calculation results_ Plate_ TIME_08 (19_20)_ Bending moments M.png

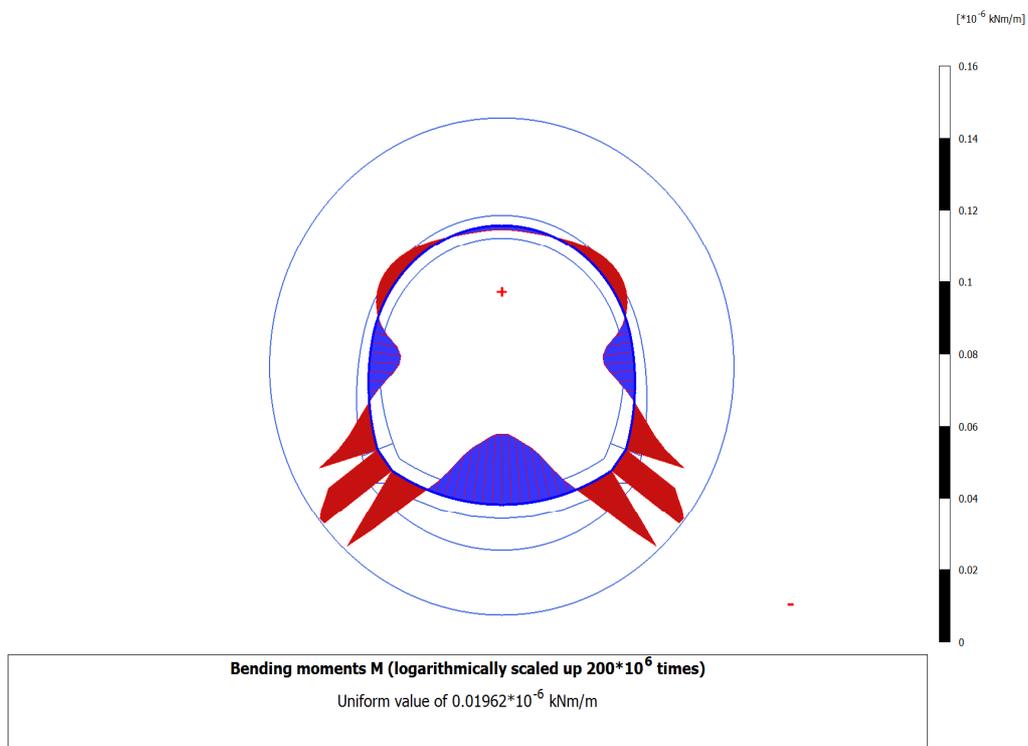


Figura 84: 4.21.7 Calculation results_ Plate_ TIME_09 (18_12)_ Bending moments M.png

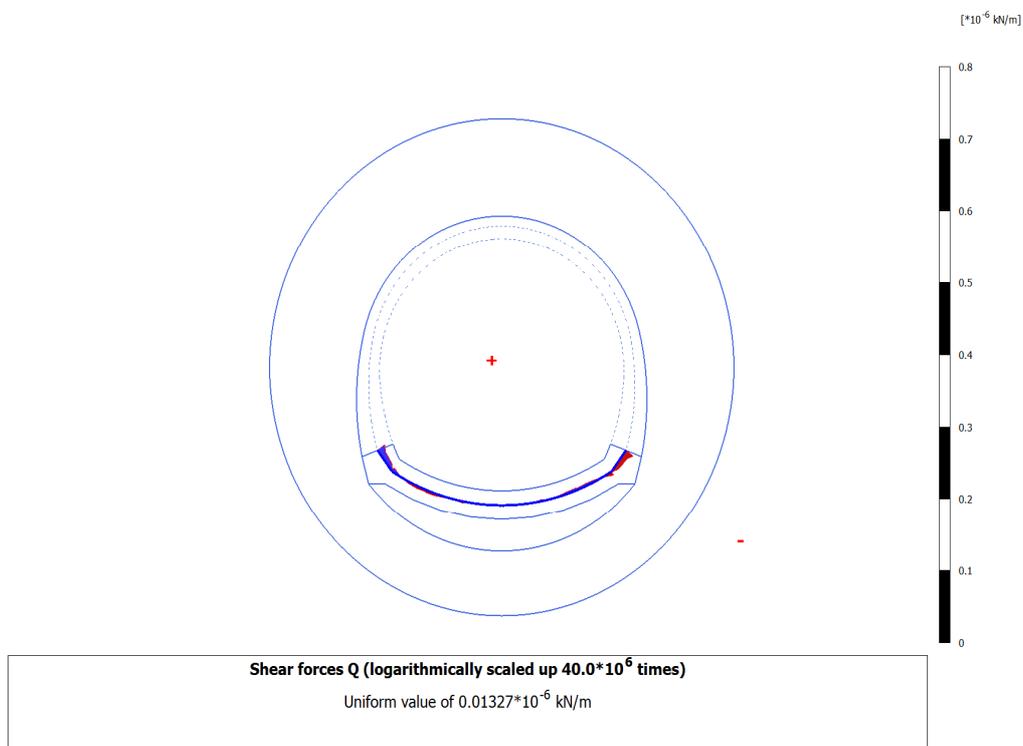


Figura 85: 4.22.10 Calculation results_ Plate_ TIME_06 (13_23)_ Shear forces Q.png

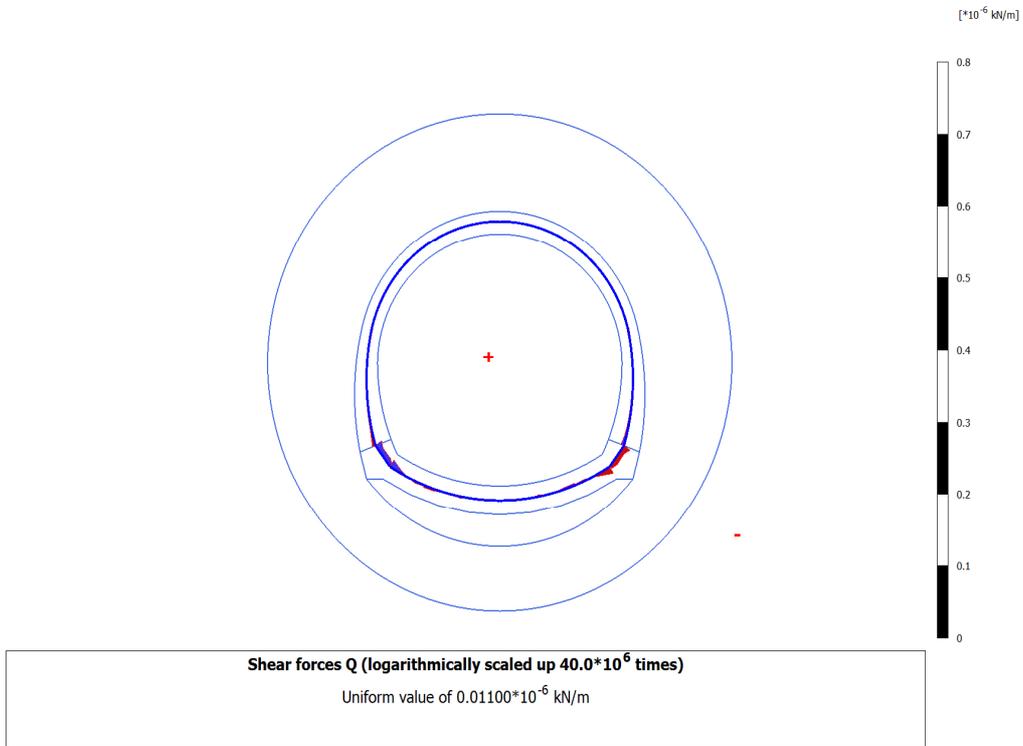


Figura 86: 4.22.6 Calculation results_Plate_TIME_07 (14_10)_ Shear forces Q.png

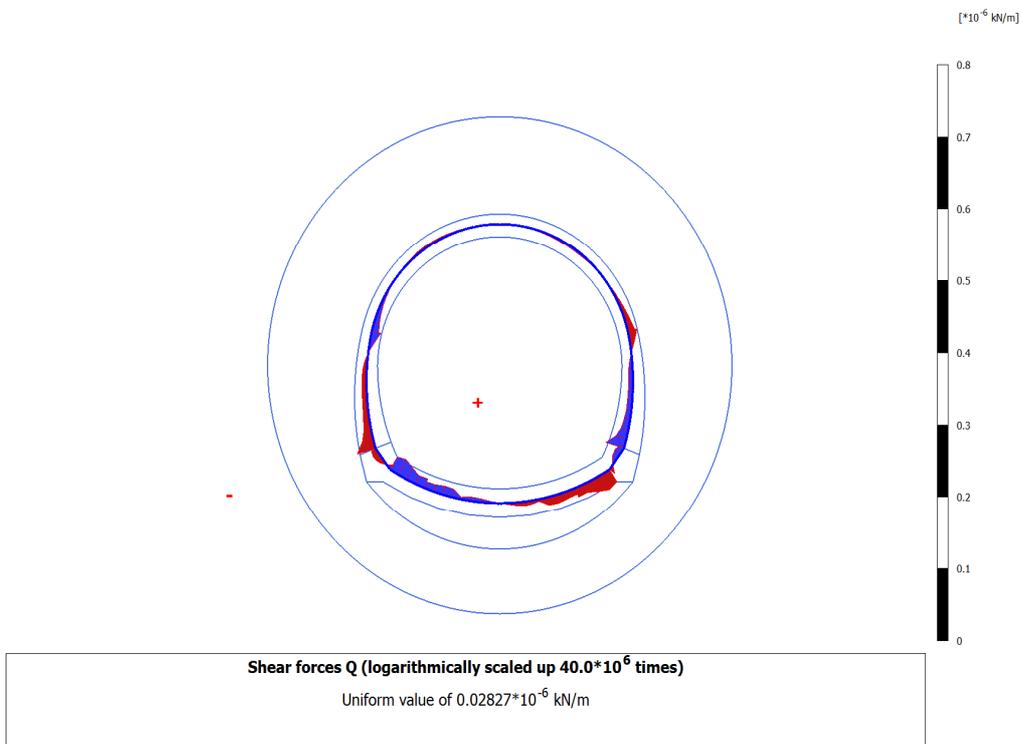


Figura 87: 4.22.9 Calculation results_Plate_TIME_08 (19_20)_ Shear forces Q.png

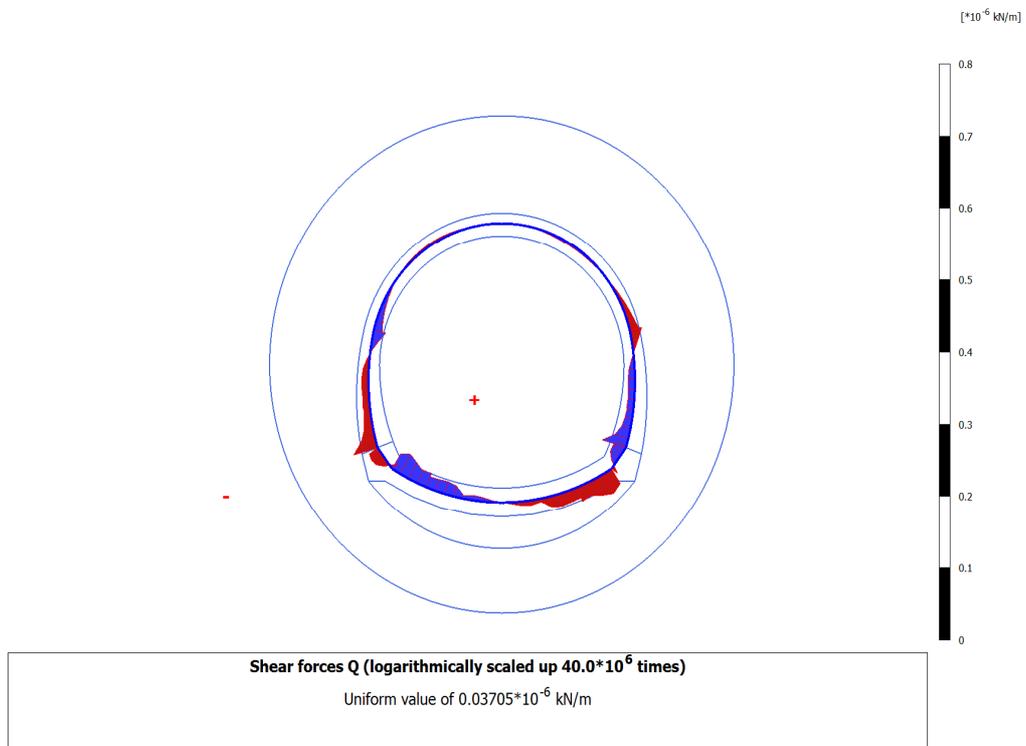


Figura 88: 4.22.7 Calculation results_Plate_TIME_09 (18_12)_ Shear forces Q.png

16.1. Cabina di collegamento

16.1.1. Analisi di stabilità del fronte in fase di diagnosi

Broms & Bennermark (1967)

$$N = \frac{\sigma_c + \gamma z_0 - \sigma_T}{\gamma_u}$$

where γ is unit weight of the soil,
 γ_u is undrained shear strength of the soil at tunnel axis level,
 σ_c is surface surcharge pressure,
 σ_T is tunnel support pressure, and
 z_0 is depth to the tunnel axis

$$\gamma_u = \frac{\sigma_{cm}}{2}$$

$$\sigma_{cm} = (0.0034 \cdot m_i^{0.8}) \cdot \sigma_c \cdot [1.029 + 0.025 \cdot e^{(-0.01 \cdot m_i)}]^{GSI}$$

Input data

Layers	z_0 [m]	γ_s [kNm ⁻³]	σ_s [kPa]	σ_T [kPa]	σ_c [kPa]	m_i [-]	GSI [-]
B' poco fratturato	410	27.0	0	0	25000	25	50
0	0	0.0					
0	0	0.0					
0	0	0.0					

Results

ΔH [m]	γ_u [kNm ⁻³]	σ_c [kPa]	m_i [-]	GSI [-]	σ_b [kPa]	σ_{cm} [kPa]	γ_u [kPa]
410.0	27.0	25000.0	25.0	50.0	11070.0	11900.7	5950.3
0.0	0.0						
0.0	0.0						
0.0	0.0						

Stability ratio	N	[-]	1.9
-----------------	---	-----	-----

Elastic deformations

Panet (1990)

$$N_S = \frac{\sigma_c}{C_{II}} = \frac{2 \cdot \sigma_c}{\sigma_{cm}}$$

$$\lambda_b = \frac{1}{K_p + 1} \left[K_p - 1 + \frac{2}{N} \right]$$

Stability ratio	N	[-]	1.9
Passive earth pressure	K_p	[-]	3.690
Deconfinement	λ_b	[-]	0.80

Stable face

GN2R - Cabina di collegamento - AEXCAV. [m2] =

91.6

FACE STABILITY ANALYSIS - TAMEZ-CONEJO

DIAGNOSIS PHASE



Tamez & Conejo (1985)

Geotechnical properties

Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Excavated layers	ΔH [m]	γ_n [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
B' poco fratturato	404.6	27.0	1420	35.0	B' poco fratturato	10.8	27.0	1470	35.0

Tunnel geometry

Type of ground	CF/F	CF	Deep tunnel (Z>5D)	
Total Overburden	Z [m]	404.6	Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m] | 10.8
Depth of water table	W [m]	1000.0	Earth coefficient at rest	k_0 [-] | 1.0
Excavated height	h [m]	10.8	Depth coefficient	k_a [-] | 1.0
Tunnel's width	b [m]	10.8	Height of mass load at crown	H_p [m] | 18.4
Free span length	a [m]	1.0	Length of prisms in advance	L_p [m] | 5.6

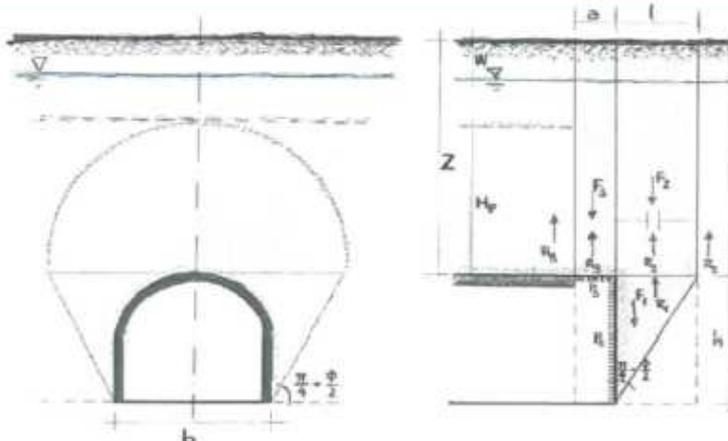
Prismatic volume properties

Aver. weight of load mass	γ_n [kNm ⁻³]	27.0	Aver. weight of Excav. layers	γ_e [kNm ⁻³]	27.0
Aver. cohesion of load mass	c'_n [kPa]	1420.0	Aver. cohesion of Excav. layers	c'_e [kPa]	1470.0
Aver. friction of load mass	ϕ'_n [°]	35.0	Aver. friction of load mass	ϕ'_e [°]	35.0
Effective soil press. at crown	σ'_v [kPa]	10924	hydraulic press. at crown	u [kPa]	0

Shear resistance and Safety factor at Diagnosis phase

Shear resistance (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	3246	Safety factor (prism 3)	FS_3	11.92
Shear resistance (prisms 1-2)	τ_{m2} [kPa]	9133	Safety factor (MΣFR/MSFA)	FS_v	3.47
Permitted free span length	a_{max} [m]	11.1	Obtained safety factor	SF	3.47
Pressure on primary supports	P_s [kPa]	5407	Requested safety factor	SF_{ri}	2.00
Required pressure at face	P_f [kPa]	0			

Prismatic volume gravitating over the crown system of forces



16.1.2. *Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di diagnosi*

```

#####          CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####          CONVERGENZA-CONFINAMENTO
###            SOLUTORE ANALITICO
###
###          ##### ## ## ##
###          ##### ## ## ##
###          ### ## ## ##
#####       ## ## ## ##
#####       ##### #####
#####       ##
#####       ##

```

VERSIONE 4 (2003)

B'-GR2_H=410m

Fase di Diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
 VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

DATI ANALISI

R galleria [m]	5.40000
PARAMETRI GEOTECNICI	
Tensione originaria [MPa]	11.07000
Modulo di Young [MPa]	3000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.42000
Angolo attrito picco [°]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.27300
Angolo attrito residuo [MPa]	33.00000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000

RISULTATO ANALISI FRONTE DI SCAVO

Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] .....	.048104
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	8.322919
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.019241
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.007627
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.013950
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.460108

RISULTATO ANALISI GALLERIA

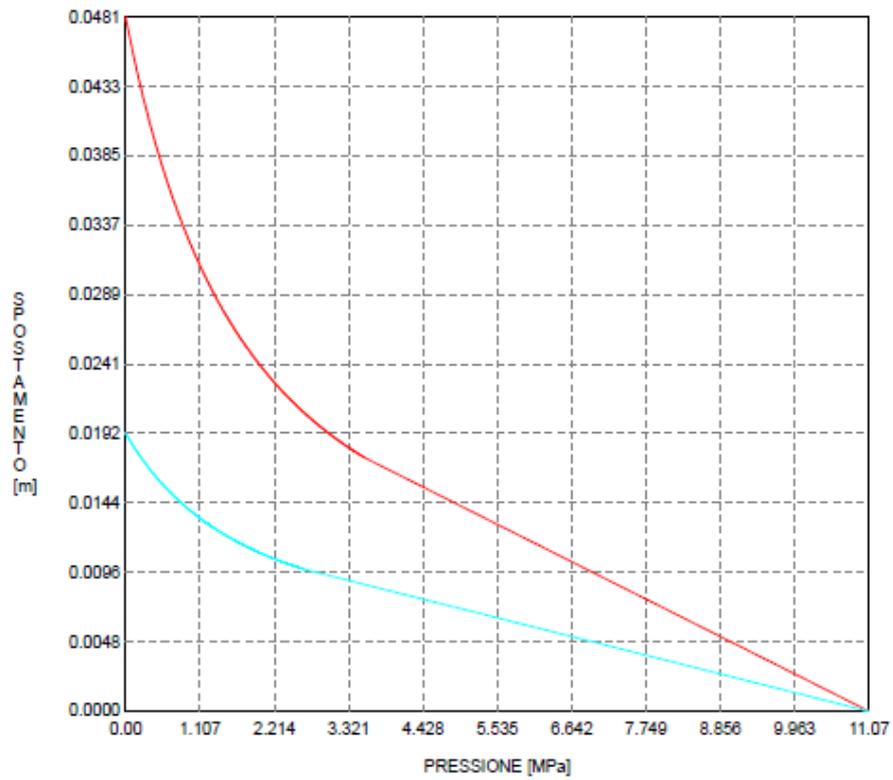
Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.048104
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	8.322919

B'-GR2_H=410m

Fase di Diagnosi

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

GALLERIA
FRONTE SFERICO



16.1.3. *Analisi di stabilità del fronte in fase di terapia*

Geotechnical properties					Excavated layers				
Overburden layers	ΔH [m]	γ_n [kNm^{-3}]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Excavated layers	ΔH [m]	γ_n [kNm^{-3}]	c' [kPa]	ϕ' [°]
B' poco fratturato	404.6	27	1420	35	B' poco fratturato	10.8	27	1470	35

Tunnel geometry				Deep tunnel ($Z > 5D$)			
Type of ground	CF/F	CF		Equivalent tunnel diameter	D_{eq} [m]	10.8	
Total Overburden	Z [m]	404.6		Earth coefficient at rest	k_0 [-]	1.0	
Depth of water table	W [m]	1000.0		Depth coefficient	k_A [-]	1.0	
Excavated height	h [m]	10.8		Height of mass load at crown	H_p [m]	18.4	
Tunnel's width	b [m]	10.8		Length of prisms in advance	L_p [m]	5.6	
Free span length	a [m]	1.2					

Grout injection properties			Face bolt properties		
Cubic compression resistance	R_{cb} [MPa]	25.0	Tensile resistance of bar	σ_b [MPa]	0.0
Injection influence ratio	i_i [-]	1	Tensile resistance at joint	σ_j [MPa]	0.0
Curing factor	γ_c [-]	1.0	Shear resistance of bar	σ_s [MPa]	0.0
Material's safety factor	γ_f [-]	1.5	Drilling diameter	ϕ_{dr} [mm]	0.0
Mortar's poission ratio	ν_c [-]	0.2	External diameter	ϕ_{ext} [mm]	0.0
Elastic module of mortar	E_c [GPa]	20.0	Tube's Thickness	th_b [mm]	0.0
Grout-soil bond	τ_b [kPa]	0.0	Overlapping length	L_{ov} [m]	0.0
Injection penetrability coeff.	α_i [-]	1.0	Joint step	l_{int} [m]	0.0
ULS resistance of mortar	σ_c [-]	15.0	Resistance area of single bar	A_b [mm ²]	0.0

Improved face properties			Prismatic volume properties		
Shear force resist. of bars	T_s [kN]	0.0	Aver. weight of load mass	γ_p [kNm^{-3}]	27.0
Tensile force resist. of bars	T_t [kN]	0.0	Aver. cohesion of load mass	c'_p [kPa]	1420.0
Pull-out resistance of bars	T_p [kN]	0.0	Aver. friction of load mass	ϕ'_p [°]	35.0
Max. resistance offered by bars	T_{max} [kN]	0.0	Effective soil press. at crown	σ'_v [kPa]	10924
			hydraulic press. at crown	u [kPa]	0

Shear resistance and Safety factor at Diagnosis phase					
Shear resistance (prism 3)	τ_{m3} [kPa]	3246	Safety factor (prism 3)	FS_3	10.10
Shear resistance (prisms 1-2)	τ_{m1-2} [kPa]	9133	Safety factor (MΣFR/MSFA)	FS_1	3.36
Permitted free span length	a_{max} [m]	11.1	Obtained safety factor	SF	3.36
Pressure on primary supports	P_s [kPa]	5407	Requested safety factor	SF_R	2.00
Requird pressure at face	P_f [kPa]	0			

16.1.4. Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia

```

#####          CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####          CONVERGENZA-CONFINAMENTO
###           SOLUTORE ANALITICO
###
###          #####  ##  ##  ##
###          #####  ##  ##  ##
###          ###  ##  ##  ##
#####       ##  ##  ##  ##
#####       #####  #####
#####          ##
  
```

VERSIONE 4 (2003)

B0_B'-GR2_H=410m

Fase di Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
 VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
 1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
 3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
 4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
 5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

DATI ANALISI

R galleria [m]	5.40000
PARAMETRI GEOTECNICI	
Tensione originaria [MPa]	11.07000
Modulo di Young [MPa]	3000.00000
Coefficiente di Poisson	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.42000
Angolo attrito picco [°]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.27300
Angolo attrito residuo [MPa]	33.00000
Angolo dilataza [°]	.00000
PRERIVESTIMENTO	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	.60000
Coefficiente riduzione rigidezza	.11000
Forma del presivestimento	CIRCOLARE CHIUSO
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m]	.20000
Modulo Young spritz [MPa]	20000.00000
Coefficiente di Poisson spritz	.20000
Sezione centina [m2]	.00780
Altezza sezione centina [m2]	.20000
Posizione baricentro sezione centina [m]	.10000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4]	.00005696
Passo centine [m]	1.20000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	19.20000
Resistenza ferro centine [MPa]	190.00000

RISULTATO ANALISI FRONTE DI SCAVO

Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa]	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m]	.048104
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	8.322919
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]	-.019241
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]	-.007627
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]	-.013950
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.460108

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.02393
LAMBDA :	.81848
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.03144
LAMBDA :	.90494
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica	

U [m] : .02667
 LAMBDA : .85590

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Nm
 U [m] : .01817
 LAMBDA : .69702

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica
 U [m] : .02278
 LAMBDA : .79979

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

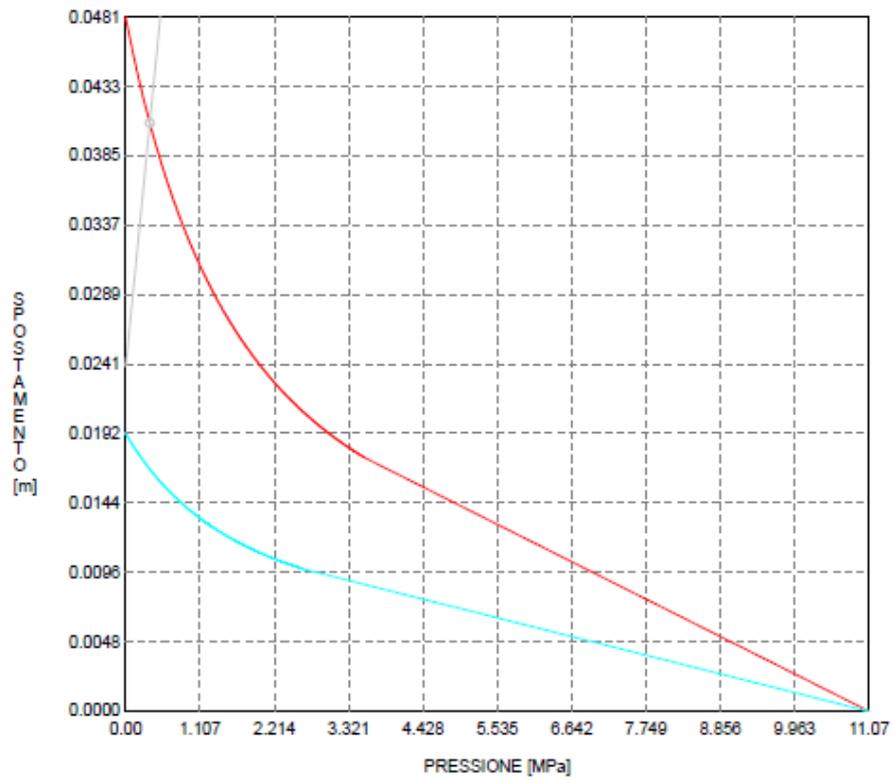
Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.048104
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	8.322919
PRERIVESTIMENTO -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	7.75800
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.35893
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.04077
Spostamento alla messa in opera [m] .....	.02393
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.01684
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.818477
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	7.48809
Tensione centine [MPa]	72.05018
Coefficiente di sicurezza spritz	2.56407
Coefficiente di sicurezza centine	2.63705
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.92032
Pressione rottura centine [MPa] .....	.94651
Rigidzza spritz [MPa]	87.27022
Rigidzza centinatura [MPa]	27.80556

B0_B-GR2_H=410m

Fase di Terapia

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

PRERIVESTIMENTO
GALLERIA
FRONTE SFERICO



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A Foglio 171 di 217

16.1.5. Analisi numerica bidimensionale FEM

Cabina Pozzo GN2R

1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' substrato
Identification number		1	2	4
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour		■	■	■
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00
γ_{sat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{inc}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	3.000E6	3.000E6	12.00E6
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ²	1.154E6	1.154E6	4.615E6
E_{cut}	kN/m ²	4.038E6	4.038E6	16.15E6

Cabina Pozzo GN2R

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' substrato
c_{ref}	kN/m ²	1420	1273	1420
ϕ (phi)	°	35.00	33.00	35.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	647.2	647.2	1294
V_p	m/s	1211	1211	2421
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
Strength		Manual	Manual	Manual
R_{inter}		0.7000	0.7000	0.7000
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
K_o determination		Manual	Manual	Manual
K_{dr}		1.000	1.000	1.000
Data set		Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse

Cabina Pozzo GN2R

Identification		B' poco fratturato	B' poco fratturato - LT	B' substrato
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00
Set to default values		No	No	No
k_x	m/day	0.000	0.000	0.000
k_y	m/day	0.000	0.000	0.000
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{inc}		0.5000	0.5000	0.5000
c_k		1.000E15	1.000E15	1.000E15

Cabina Pozzo GN2R

1.1.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		CLS_R30
Identification number		3
Drainage type		Drained
Colour		■
Comments		
Y_{onset}	kN/m ³	25.00
Y_{ref}	kN/m ³	25.00
Dilatancy cut-off		No
e_{inc}		0.5000
e_{min}		0.000
e_{max}		999.0
Rayleigh α		0.000
Rayleigh β		0.000
E	kN/m ²	31.22E6
ν (nu)		0.2000
G	kN/m ²	13.01E6
E_{sed}	kN/m ²	34.69E6

Cabina Pozzo GN2R

Identification		CLS_R30
V_s	m/s	2258
V_p	m/s	3688
Set to default values		Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000
Y_{ref}	m	0.000
Strength		Rigid
R_{inter}		1.000
$\bar{\delta}_{\text{inter}}$		0.000
K_o determination		Automatic
K_{ox}		1.000
Data set		Standard
Type		Coarse
< 2 μm	%	10.00
2 μm - 50 μm	%	13.00
50 μm - 2 mm	%	77.00
Set to default values		No
k_x	m/day	0.000
k_y	m/day	0.000
$-\psi_{\text{onset}}$	m	10.00E3

Cabina Pozzo GN2R

Identification		CLS_R30
e_{inc}		0.5000
C_k		1.000E15

Cabina Pozzo GN2R

1.1.1.2.1 Materials - Plates - (1/2)

Identification		SB20_HEB200_0.5gg	GHOST	SB20_HEB200_28gg	Rck30_70cm_Calotta	Rck30_80cm_Piedritto
Identification number		1	2	3	4	5
Comments						
Colour						
Material type		Elastic	Elastic	Elastoplastic	Elastic	Elastic
Isotropic		No	No	No	No	No
EA ₁	kN/m	2.099E6	5.000E-6	5.236E6	2.185E-3	2.498E-3
EA ₂	kN/m	2.099E6	5.000E-6	5.236E6	2.185E-3	2.498E-3
EI	kN m ² /m	12.31E3	6.000E-9	22.35E3	0.08924E-3	0.1332E-3
d	m	0.2653	0.1200	0.2263	0.7000	0.8000
w	kN/m/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
v (nu)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M _s	kN m/m	1.000E15	1.000E15	1.000E15	1.000E15	1.000E15
N _{s1}	kN/m	10.00E9	10.00E9	4250	10.00E9	10.00E9
N _{s2}	kN/m	10.00E9	10.00E9	4250	10.00E9	10.00E9
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Cabina Pozzo GN2R

1.1.1.2.2 Materials - Plates - (2/2)

Identification		SB20_HEB200_3gg	Rck30_80cm_AR	Rck30_80cm_Muretta
Identification number		6	7	8
Comments				
Colour				
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Isotropic		No	No	No
EA ₁	kN/m	4.139E6	2.498E-3	2.498E-3
EA ₂	kN/m	4.139E6	2.498E-3	2.498E-3
EI	kN m ² /m	18.84E3	0.1332E-3	0.1332E-3
d	m	0.2337	0.8000	0.8000
w	kN/m/m	0.000	0.000	0.000
v (nu)		0.000	0.000	0.000
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000

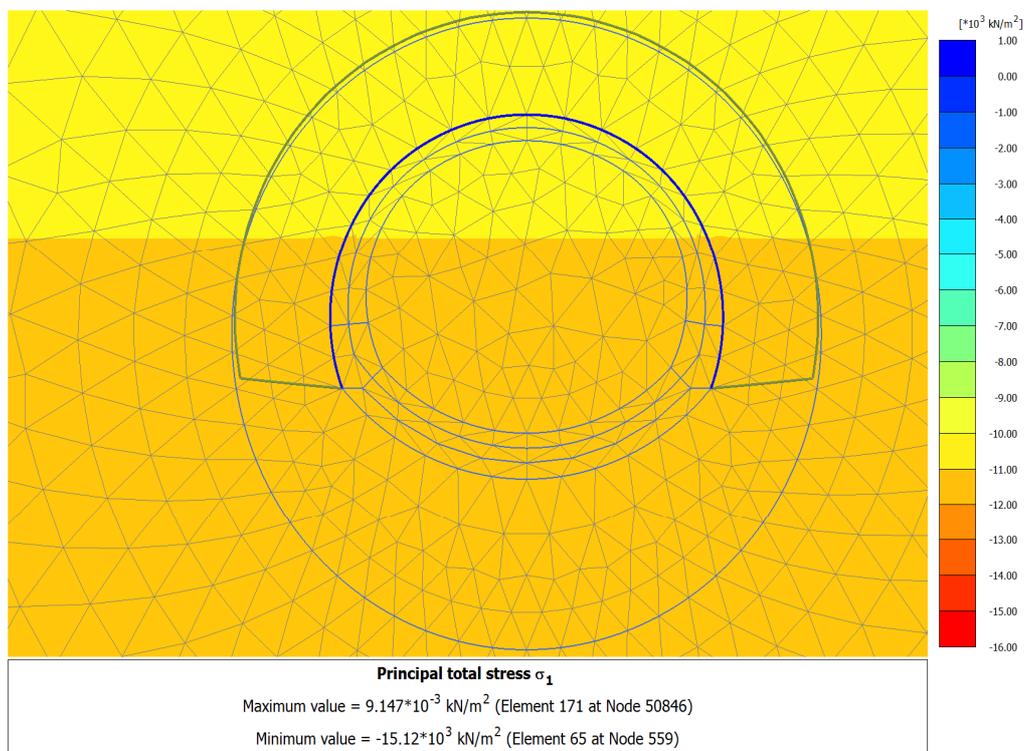


Figura 89: 4.26.0 Calculation results_ GEOSTATIC (1_3)_ Principal total stress s_1.png

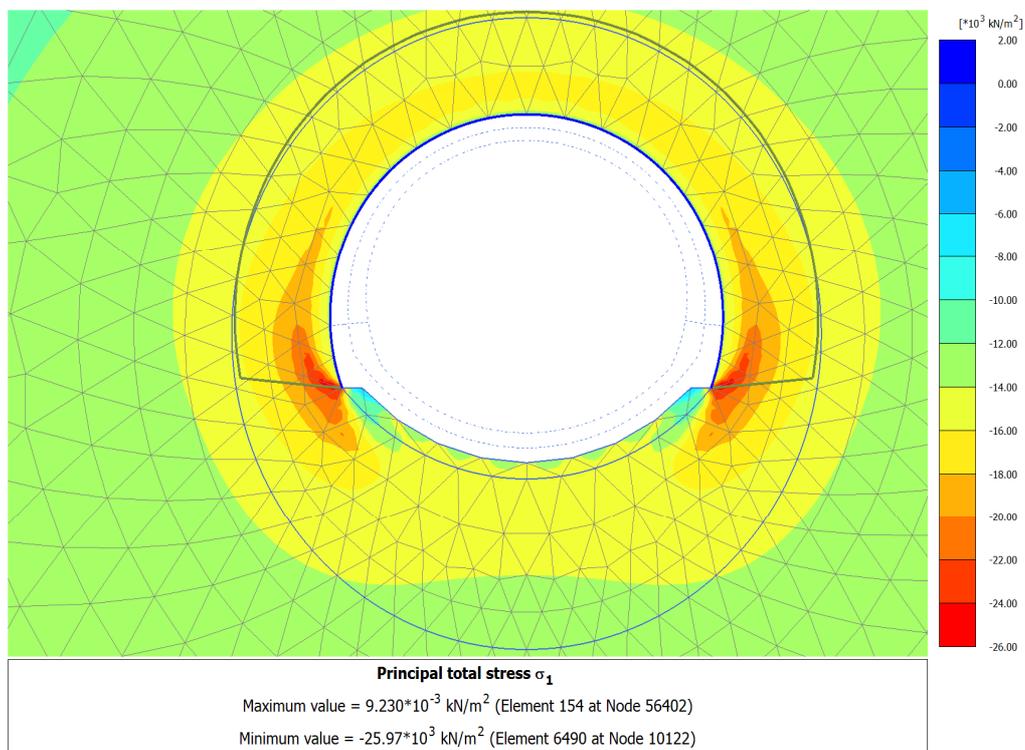


Figura 90: 4.26.1 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Principal total stress s_1.png

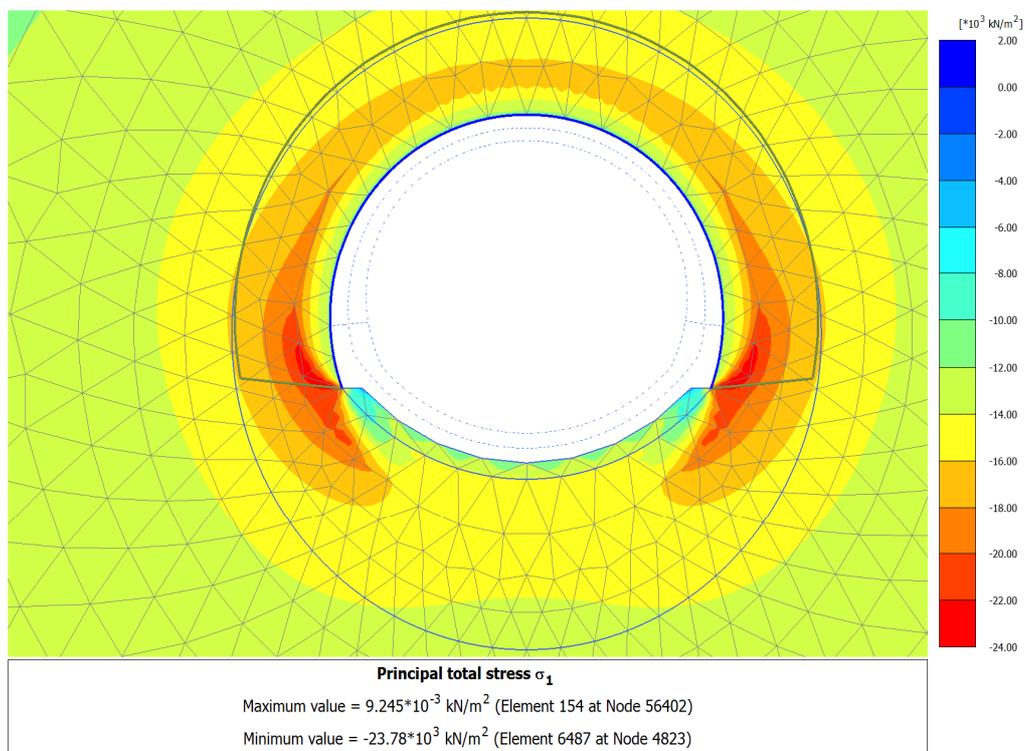


Figura 91: 4.26.2 Calculation results_ TIME_02 (3_11)_ Principal total stress s_1.png

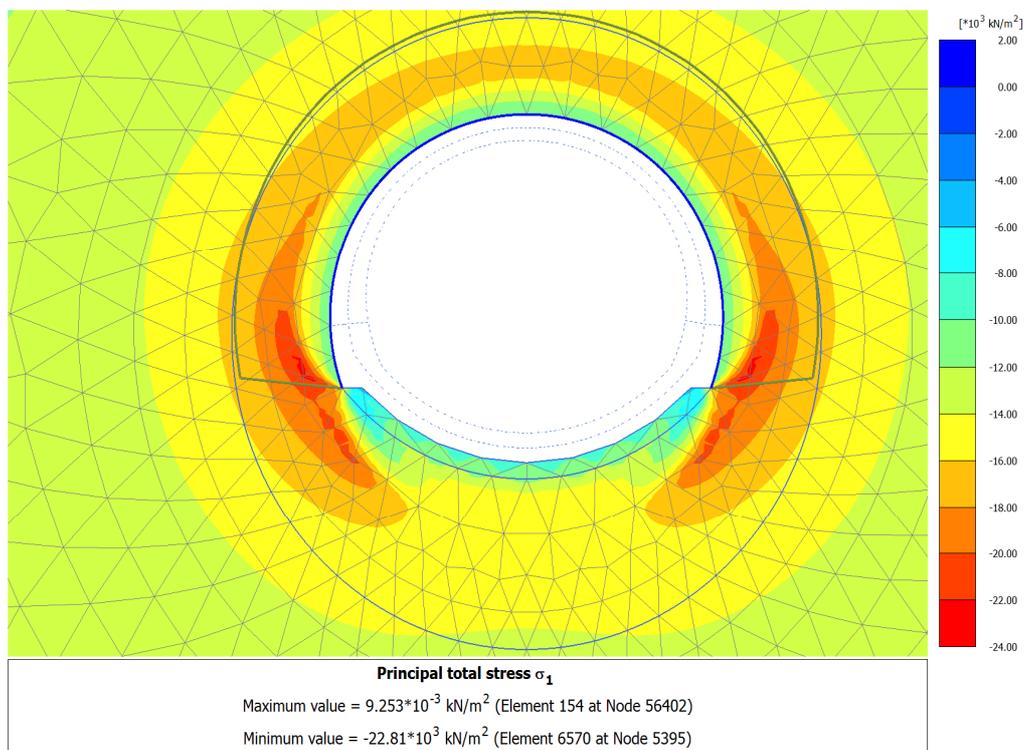


Figura 92: 4.26.3 Calculation results_ TIME_03 (4_13)_ Principal total stress s_1.png

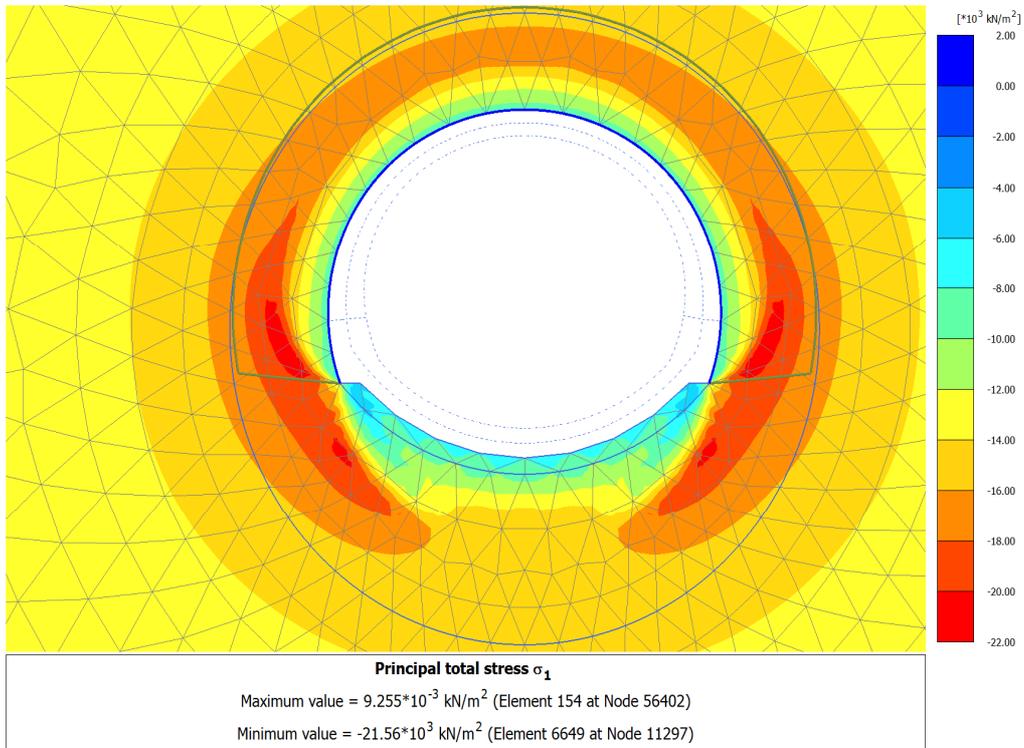


Figura 93: 4.26.4 Calculation results_ TIME_04 (5_16)_ Principal total stress s_1.png

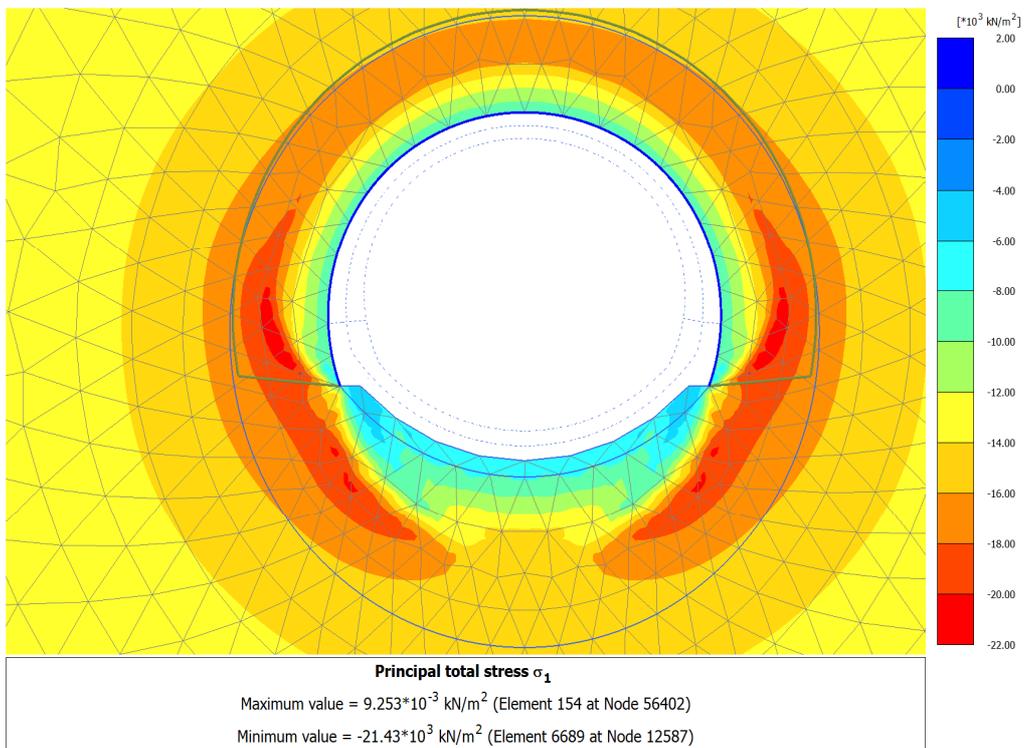


Figura 94: 4.26.5 Calculation results_ TIME_05 (9_36)_ Principal total stress s_1.png

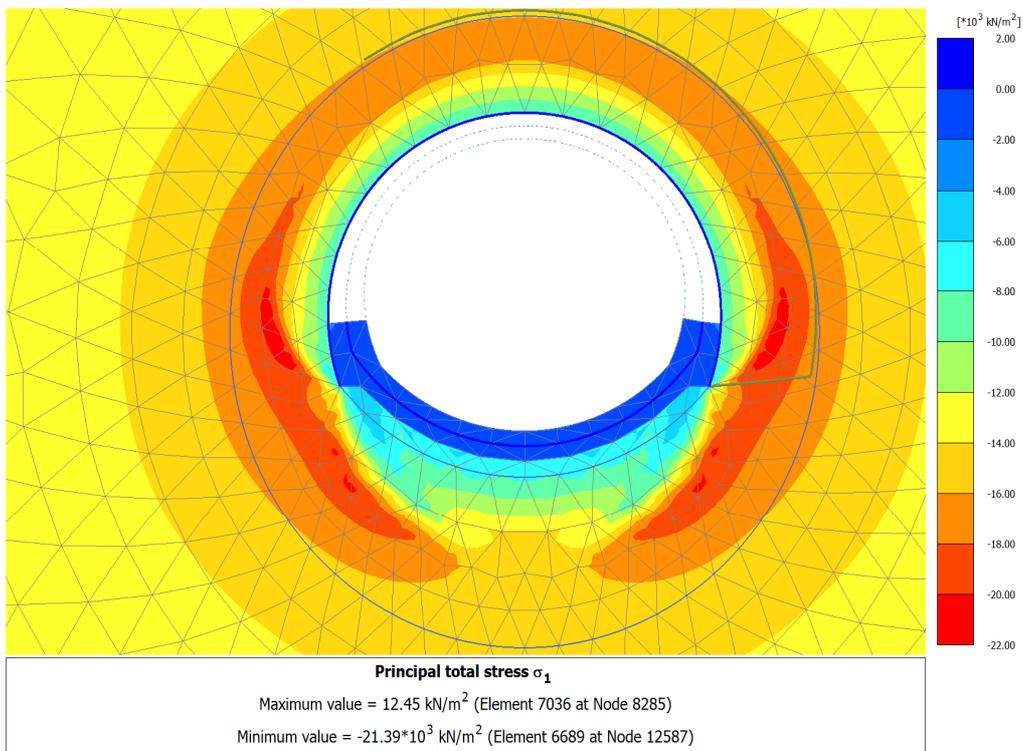


Figura 95: 4.26.6 Calculation results_ TIME_06 (6_19)_ Principal total stress s_1.png

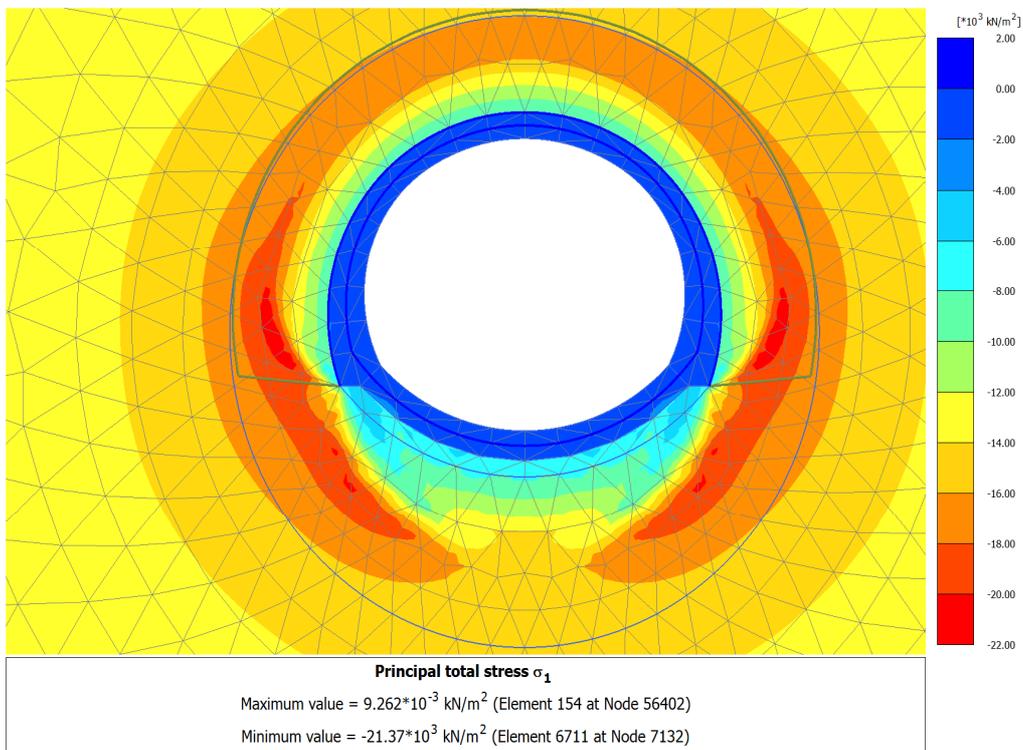


Figura 96: 4.26.7 Calculation results_ TIME_07 (7_8)_ Principal total stress s_1.png

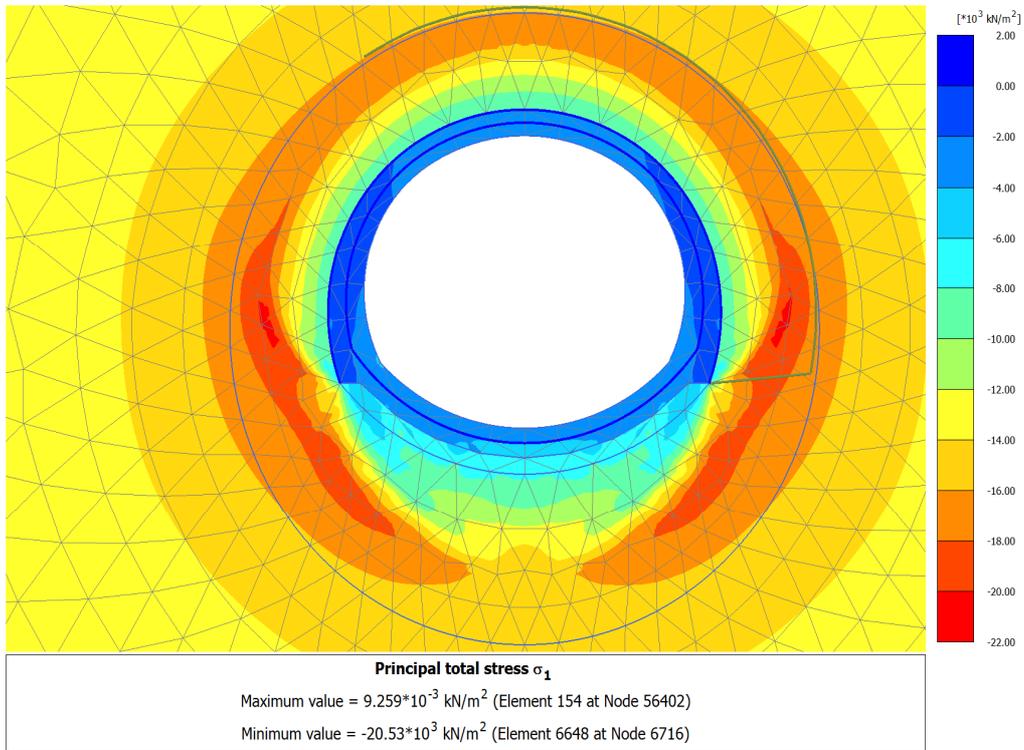


Figura 97: 4.26.8 Calculation results_ TIME_08 (8_27)_ Principal total stress s_1.png

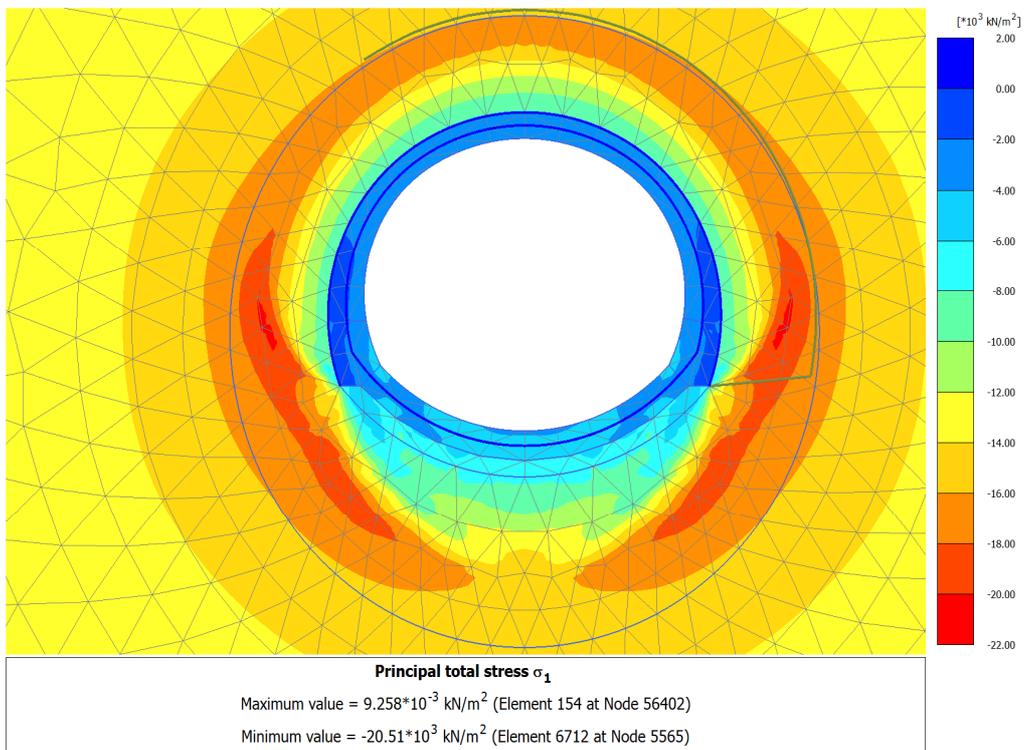


Figura 98: 4.26.9 Calculation results_ TIME_09 (10_10)_ Principal total stress s_1.png

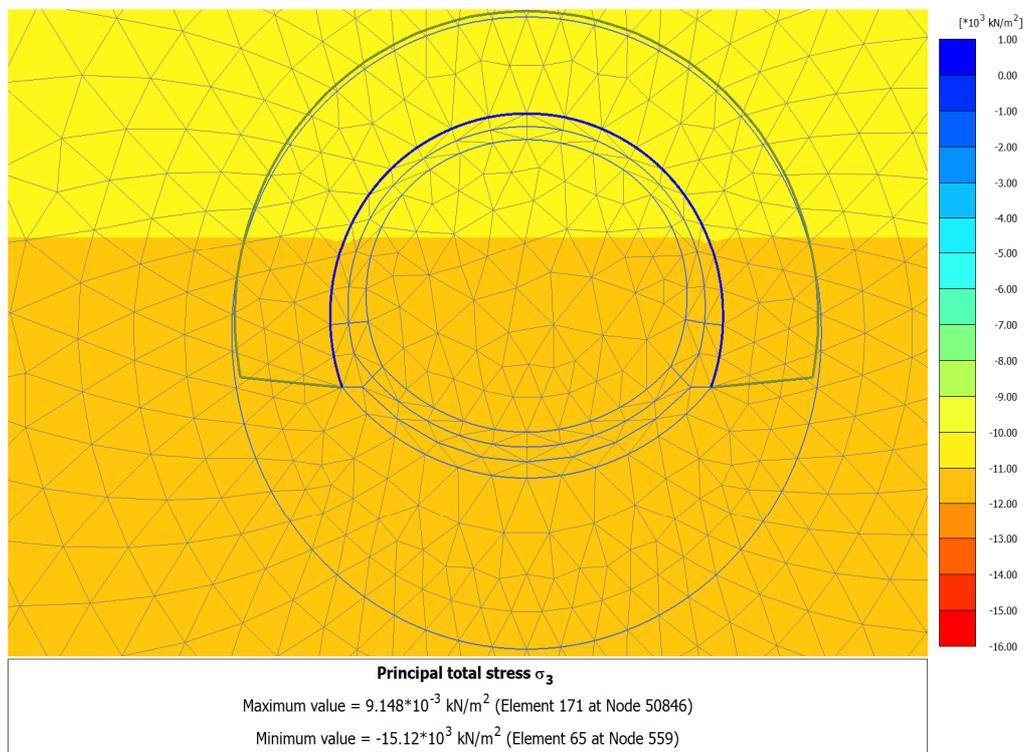


Figura 99: 4.27.0 Calculation results_ GEOSTATIC (1_3)_ Principal total stress s_3.png

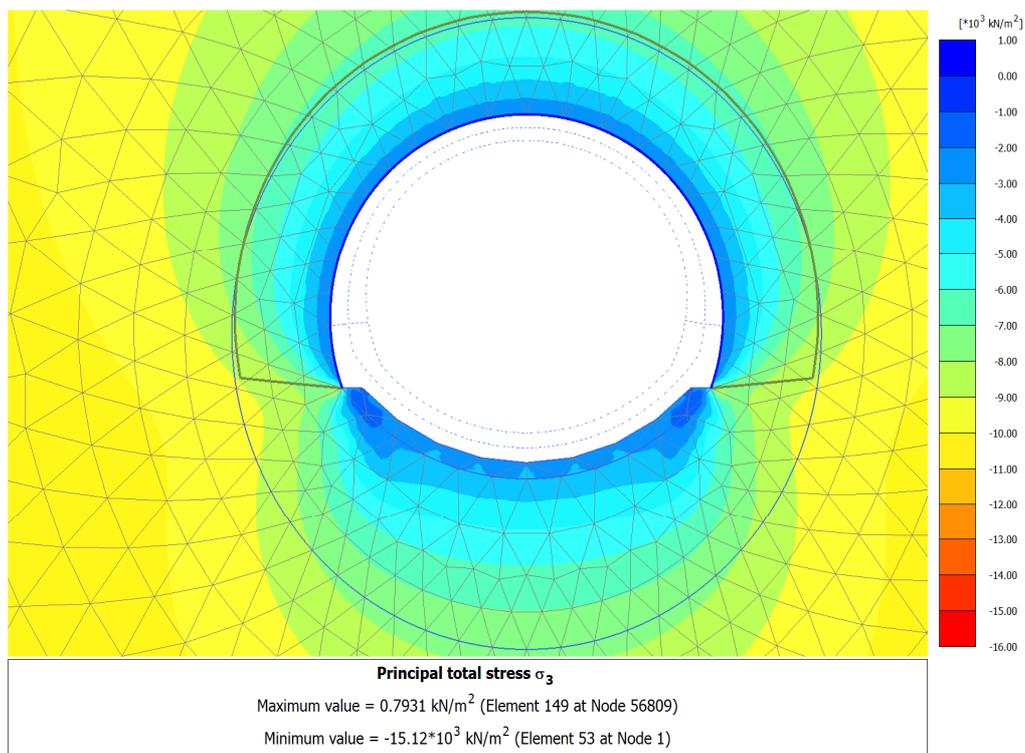


Figura 100: 4.27.1 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Principal total stress s_3.png

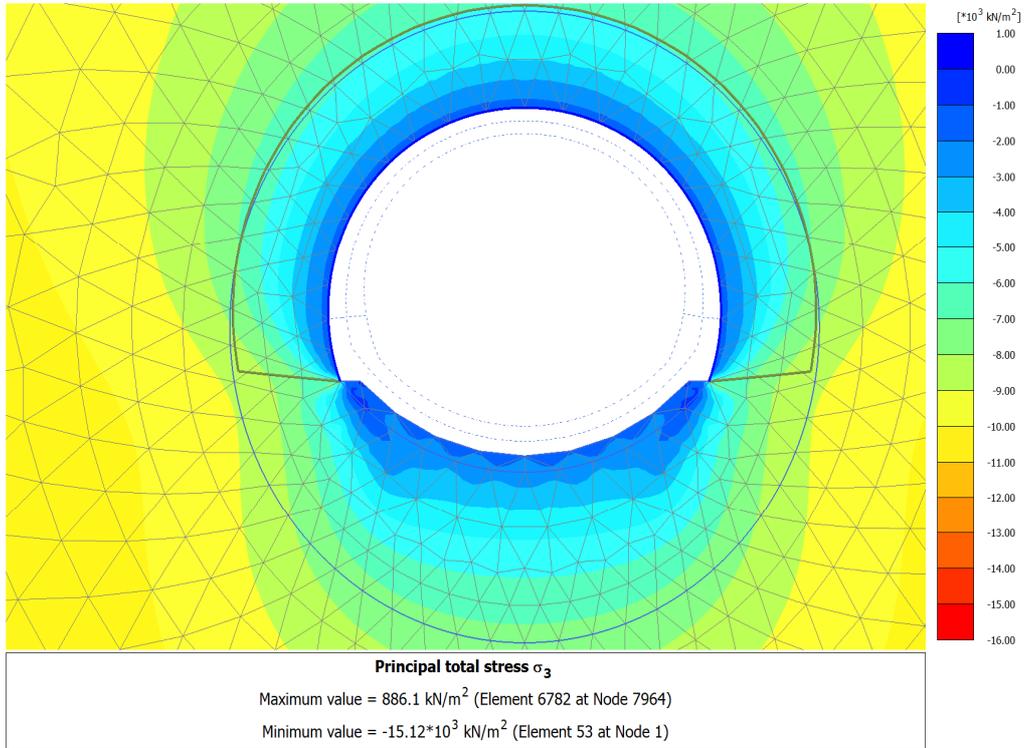


Figura 101: 4.27.2 Calculation results_ TIME_02 (3_11)_ Principal total stress s_3.png

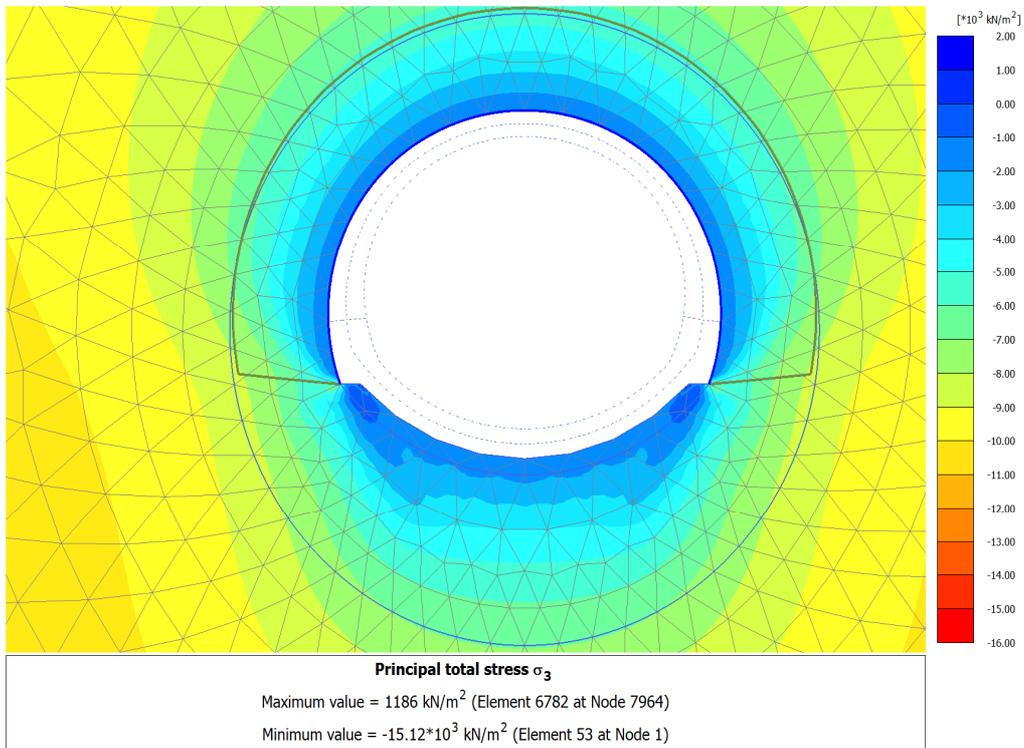


Figura 102: 4.27.3 Calculation results_ TIME_03 (4_13)_ Principal total stress s_3.png

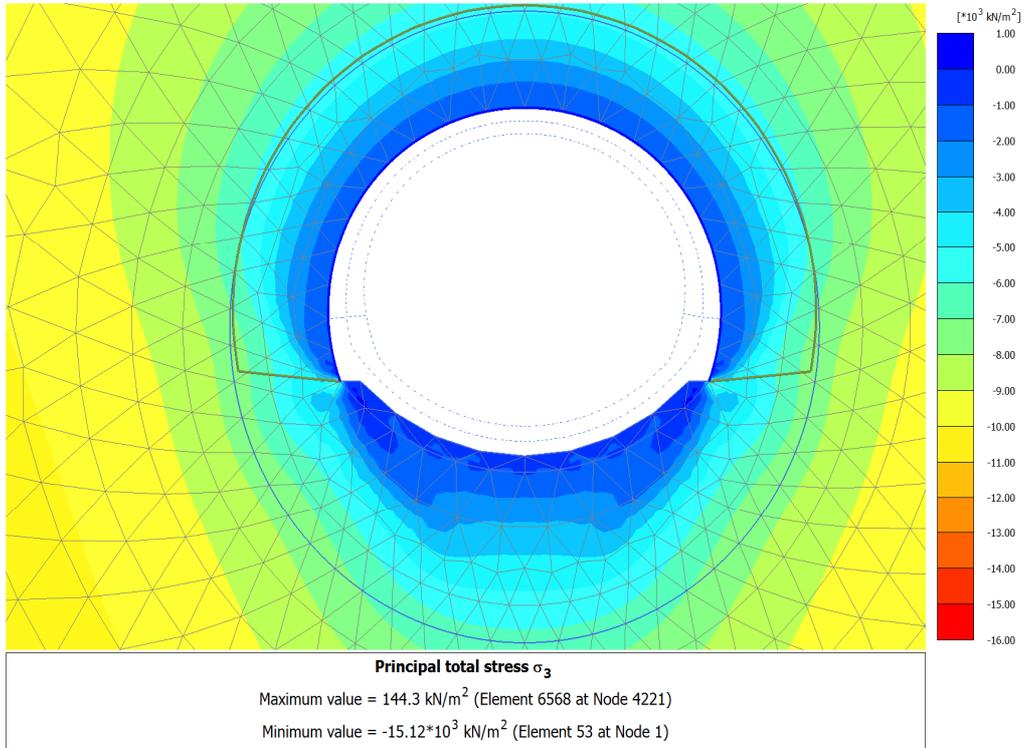


Figura 103: 4.27.4 Calculation results_ TIME_04 (5_16)_ Principal total stress s_3.png

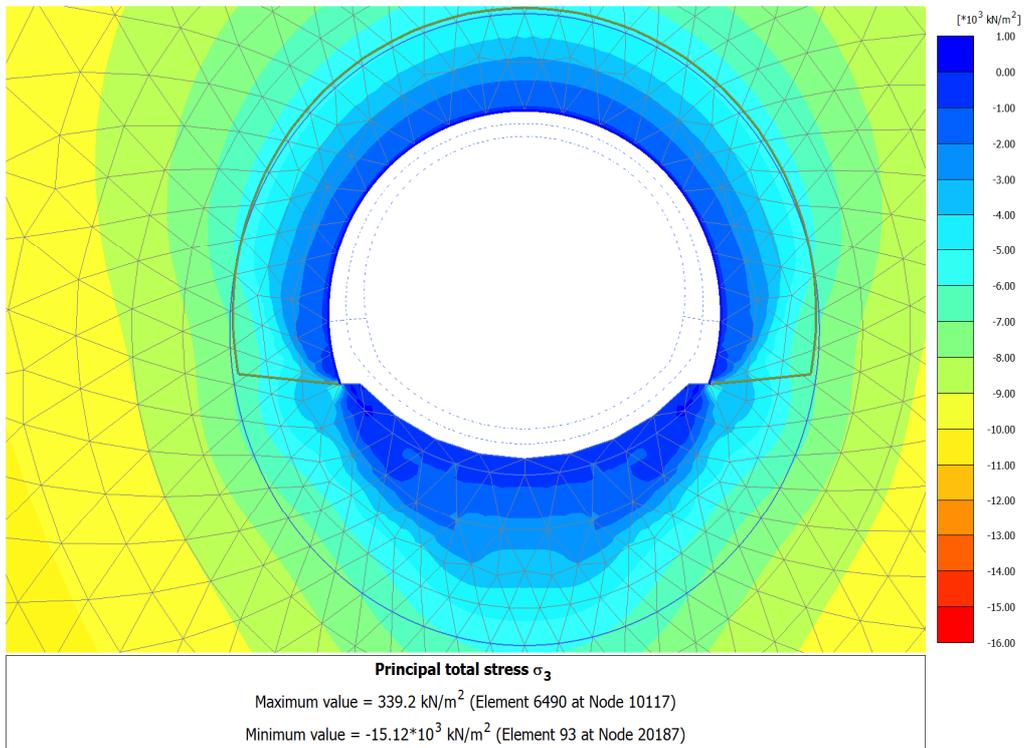


Figura 104: 4.27.5 Calculation results_ TIME_05 (9_36)_ Principal total stress s_3.png

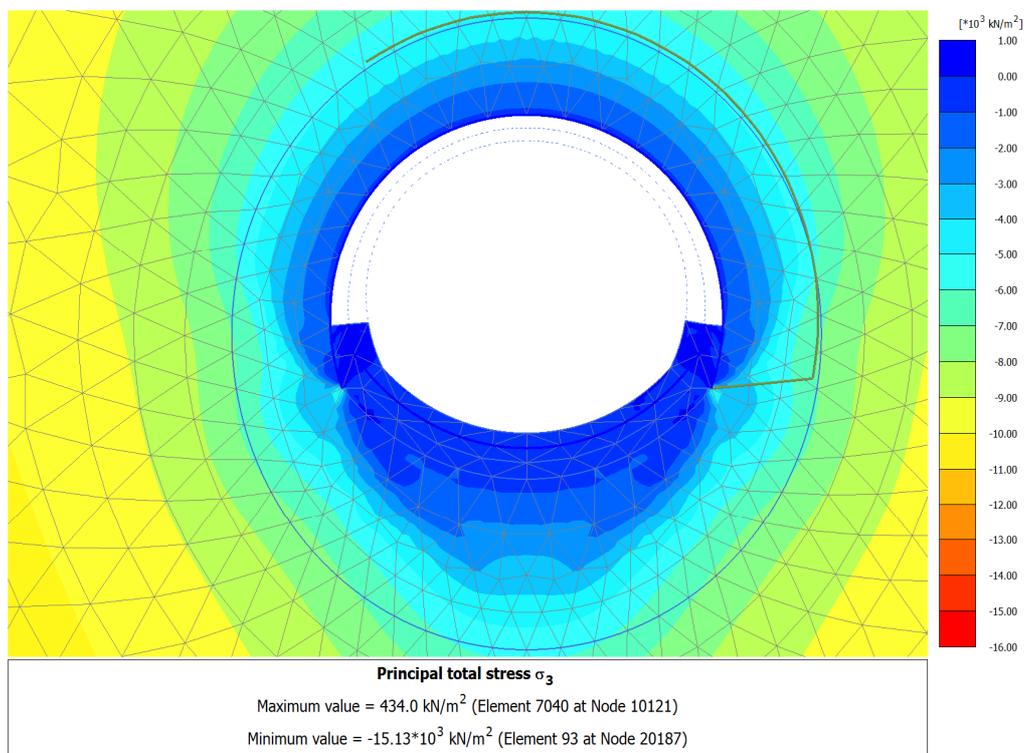


Figura 105: 4.27.6 Calculation results_ TIME_06 (6_19)_ Principal total stress s_3.png

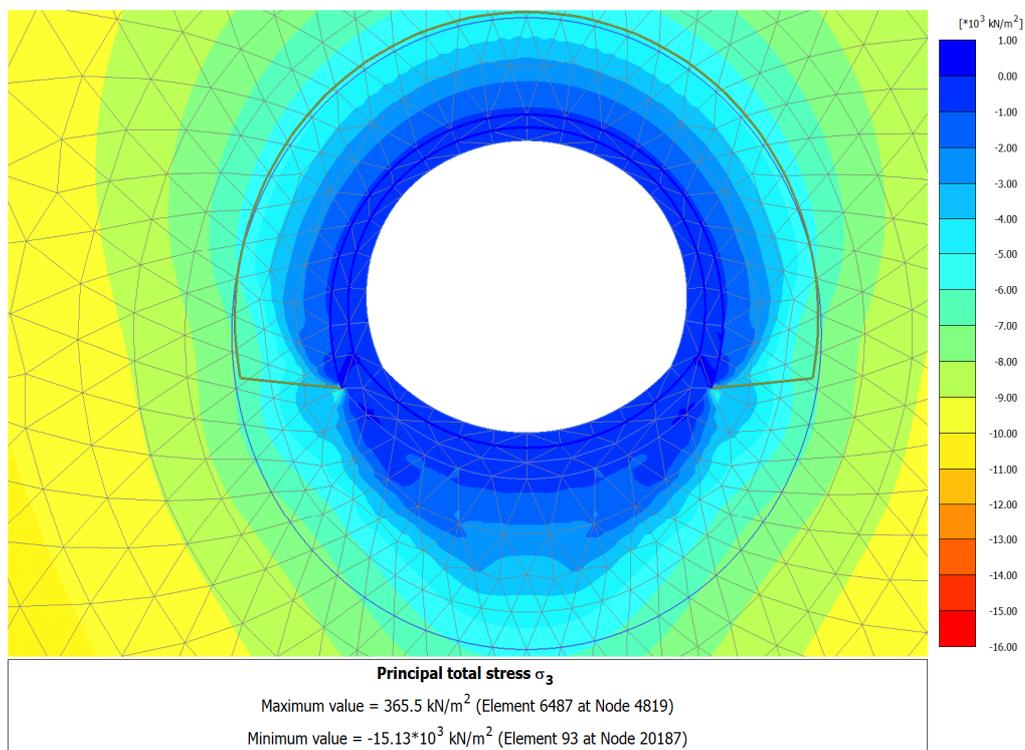


Figura 106: 4.27.7 Calculation results_ TIME_07 (7_8)_ Principal total stress s_3.png

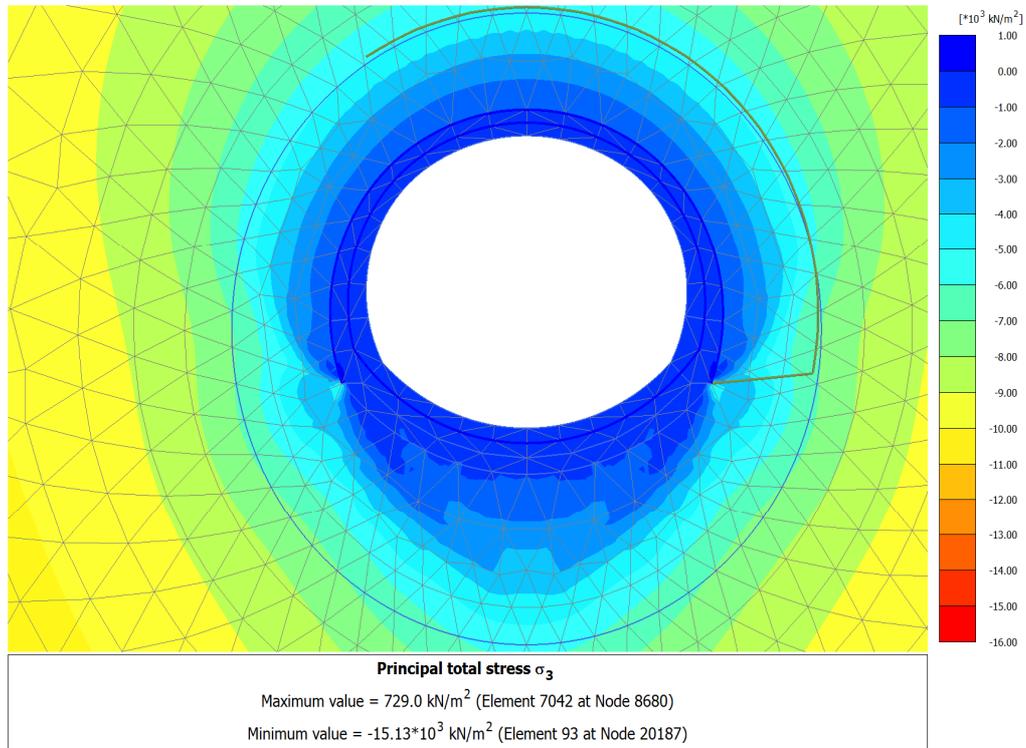


Figura 107: 4.27.8 Calculation results_ TIME_08 (8_27)_ Principal total stress s_3.png

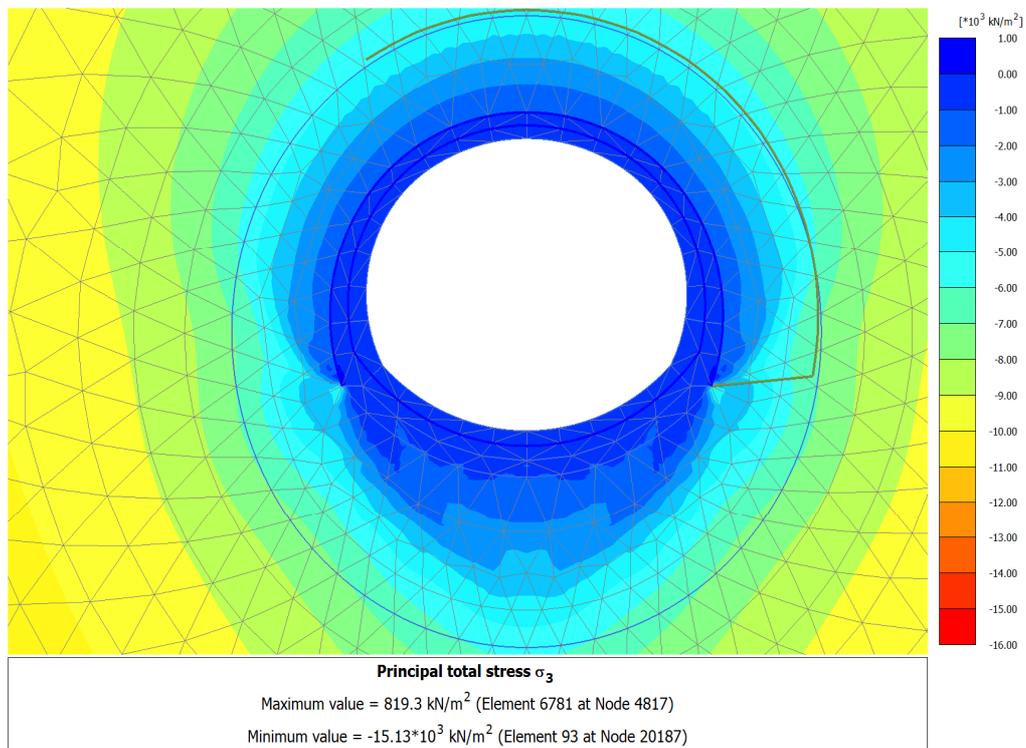


Figura 108: 4.27.9 Calculation results_ TIME_09 (10_10)_ Principal total stress s_3.png

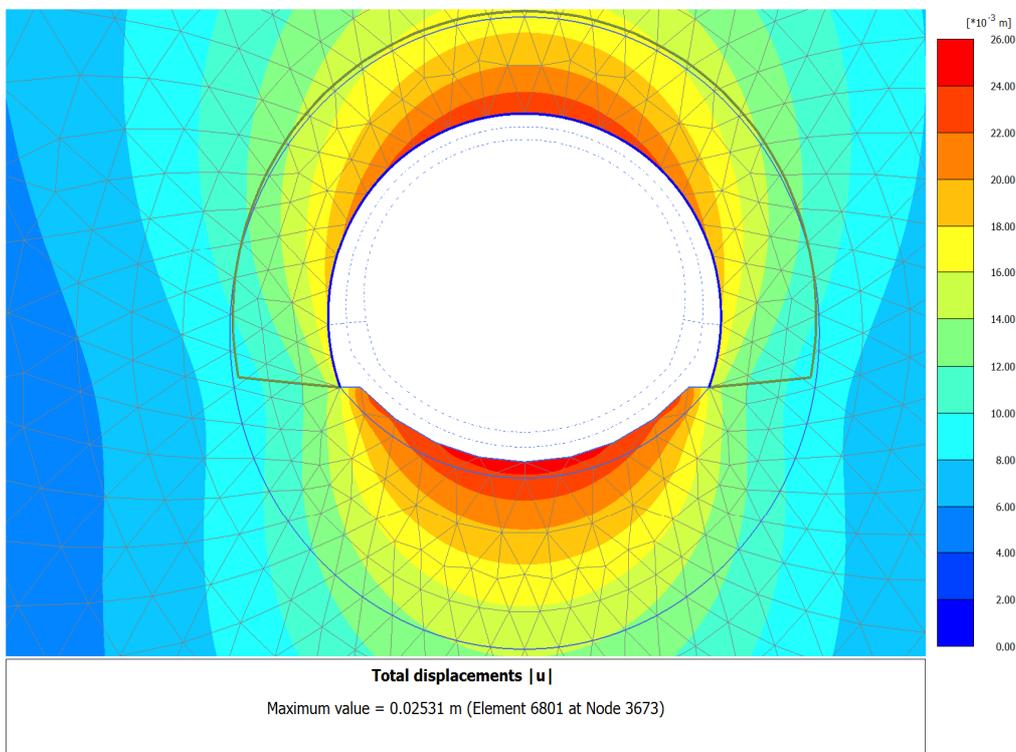


Figura 109: 4.28.1 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Total displacements _u_.png

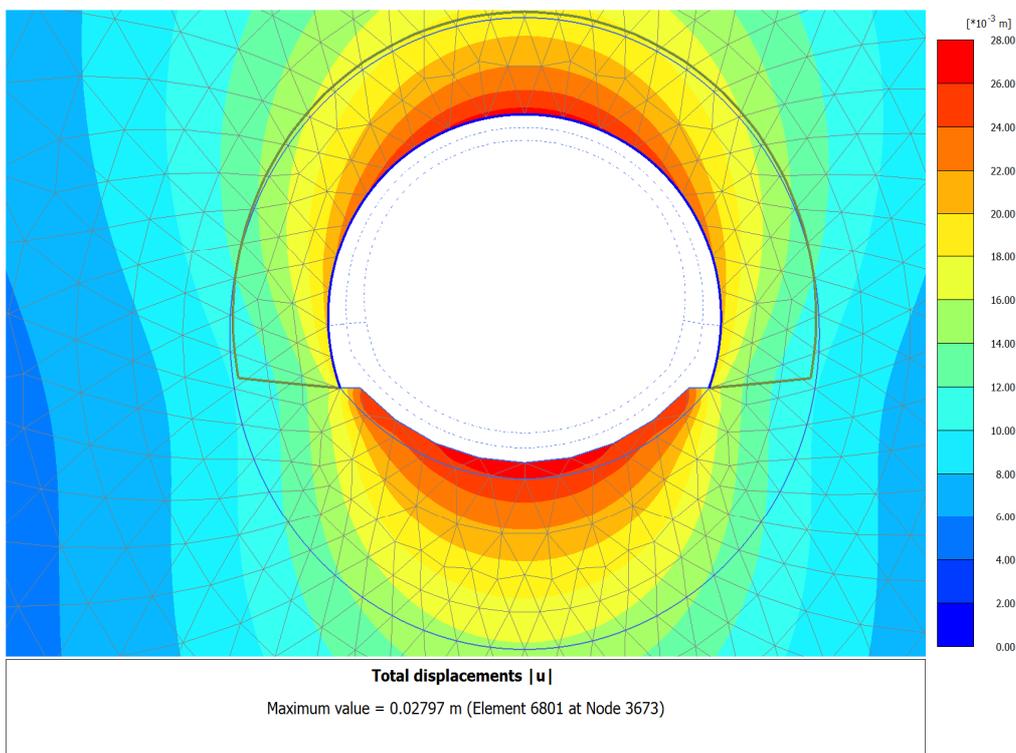


Figura 110: 4.28.2 Calculation results_ TIME_02 (3_11)_ Total displacements _u_.png

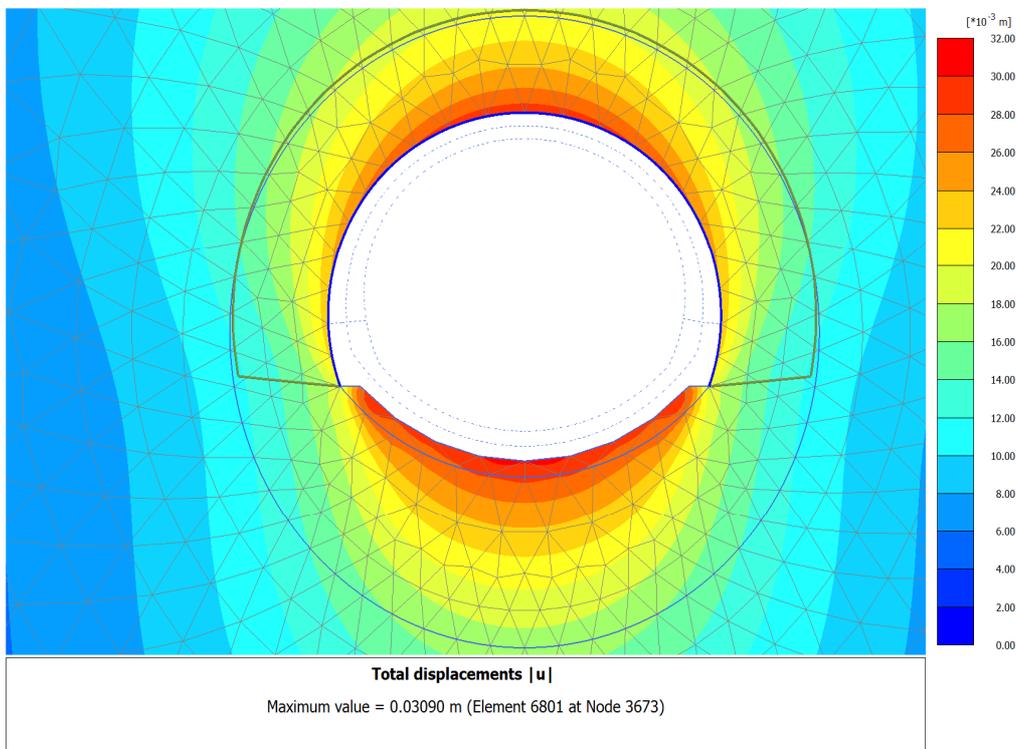


Figura 111: 4.28.3 Calculation results_ TIME_03 (4_13)_ Total displacements _u_.png

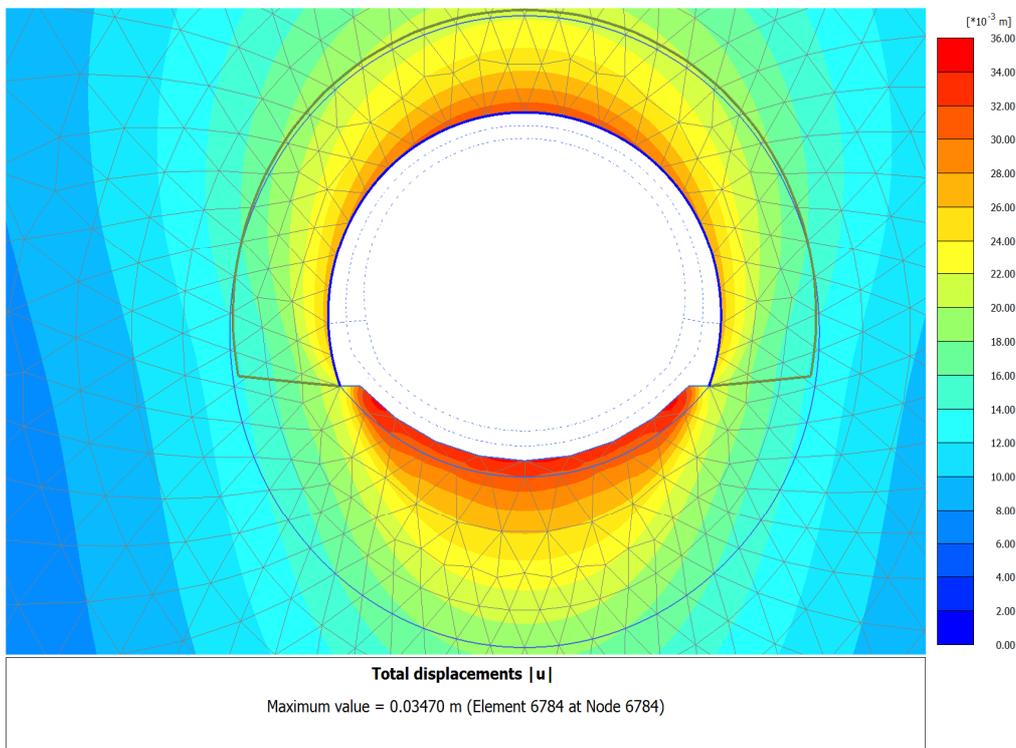


Figura 112: 4.28.4 Calculation results_ TIME_04 (5_16)_ Total displacements _u_.png

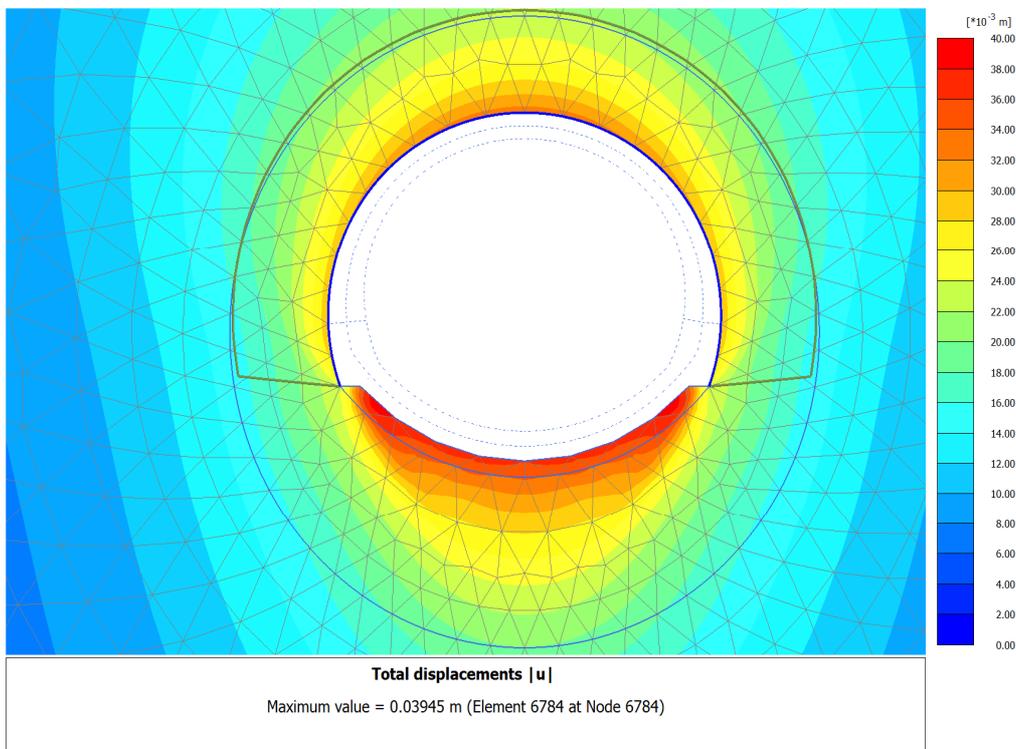


Figura 113: 4.28.5 Calculation results_ TIME_05 (9_36)_ Total displacements _u_.png

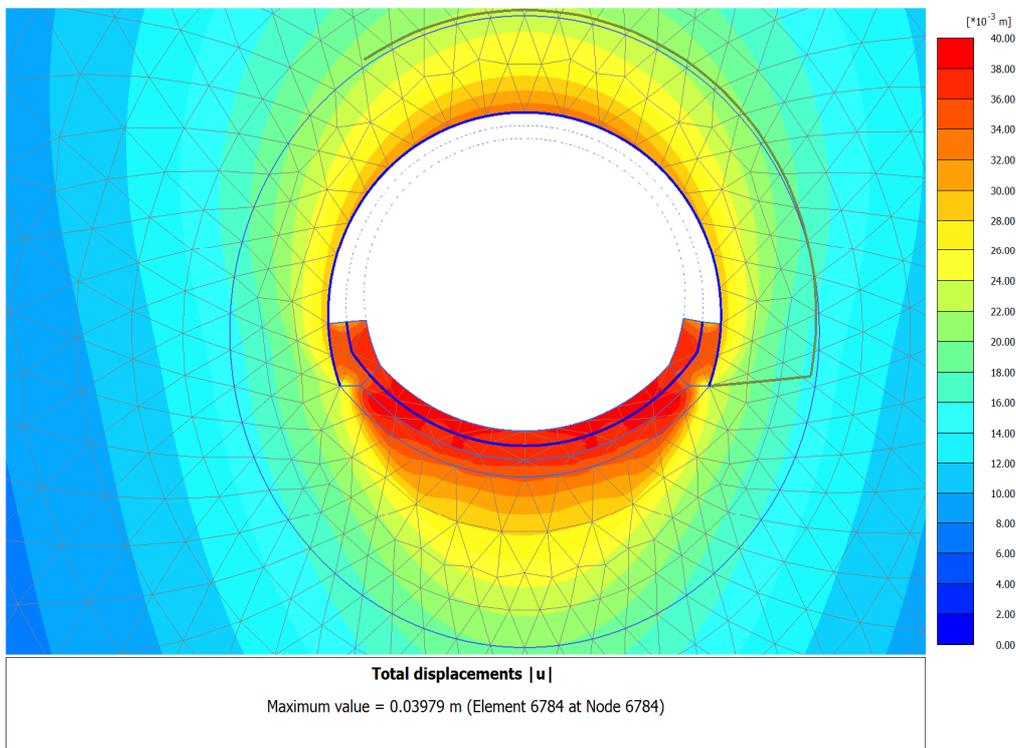


Figura 114: 4.28.6 Calculation results_ TIME_06 (6_19)_ Total displacements _u_.png

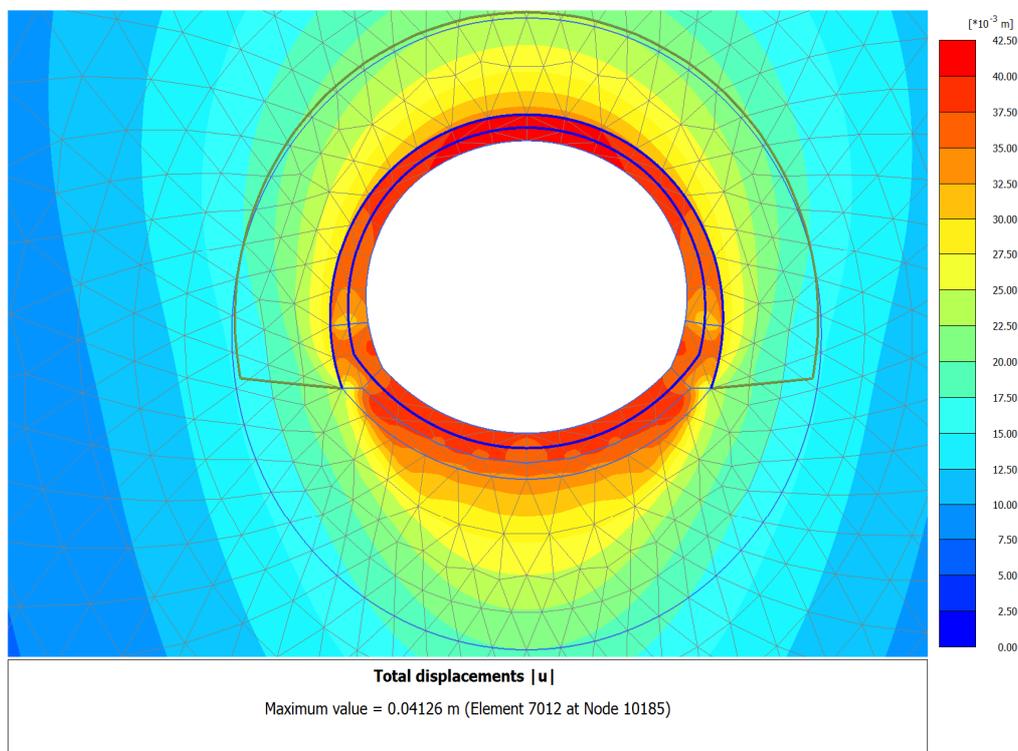


Figura 115: 4.28.7 Calculation results_ TIME_07 (7_8)_ Total displacements _u_.png

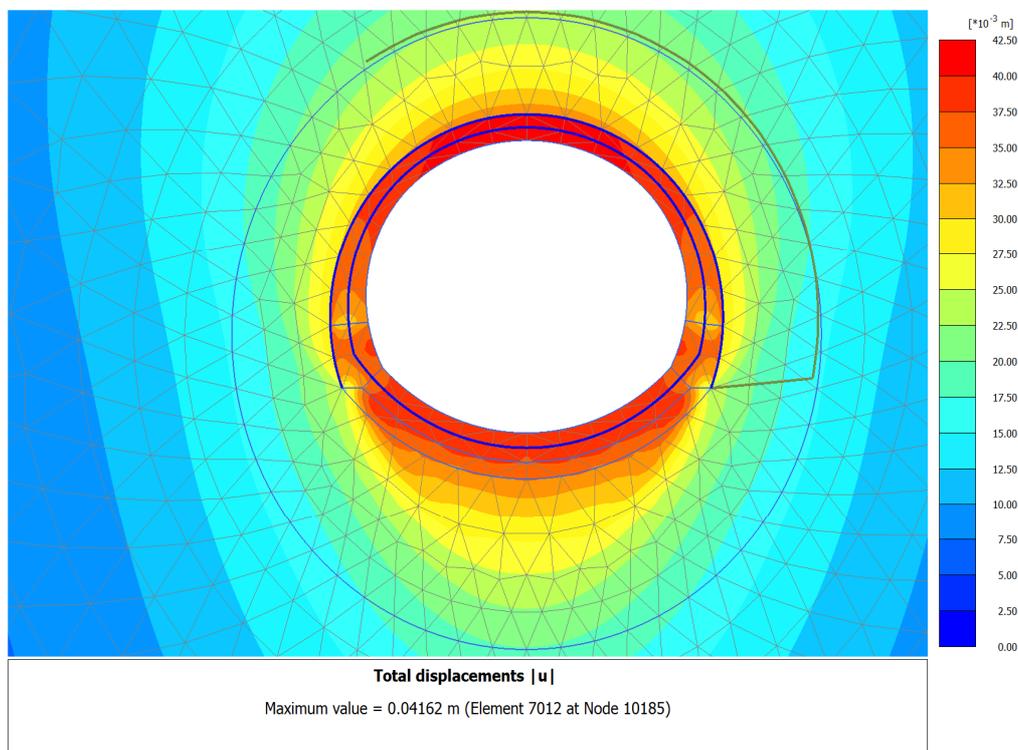


Figura 116: 4.28.8 Calculation results_ TIME_08 (8_27)_ Total displacements _u_.png

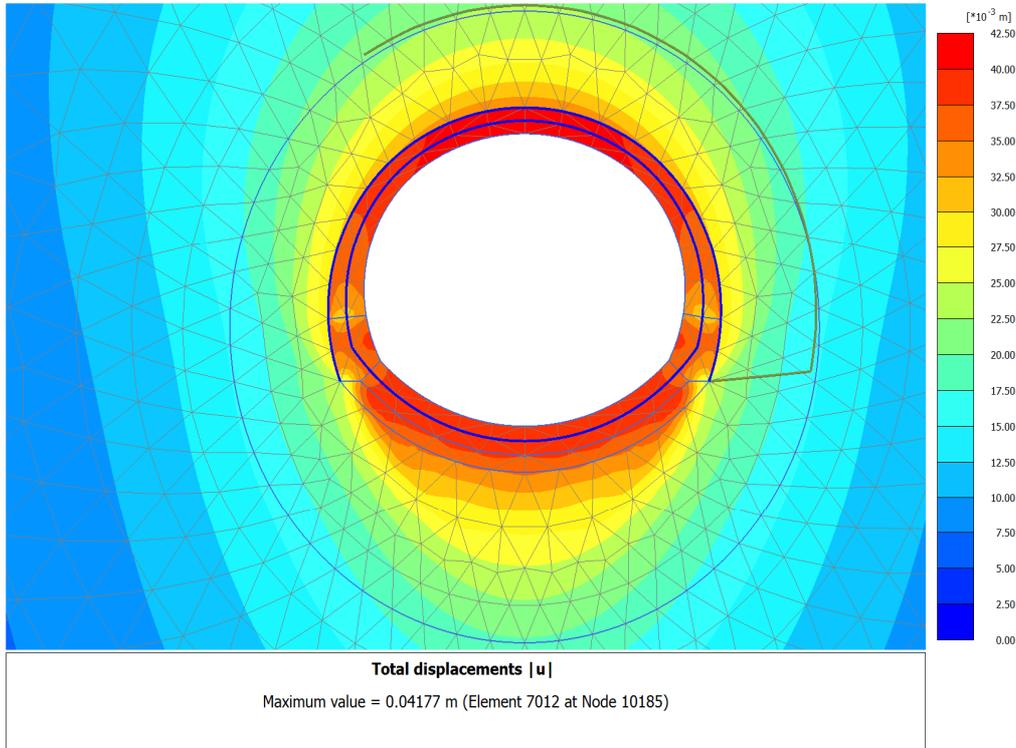


Figura 117: 4.28.9 Calculation results_ TIME_09 (10_10)_ Total displacements _u_.png

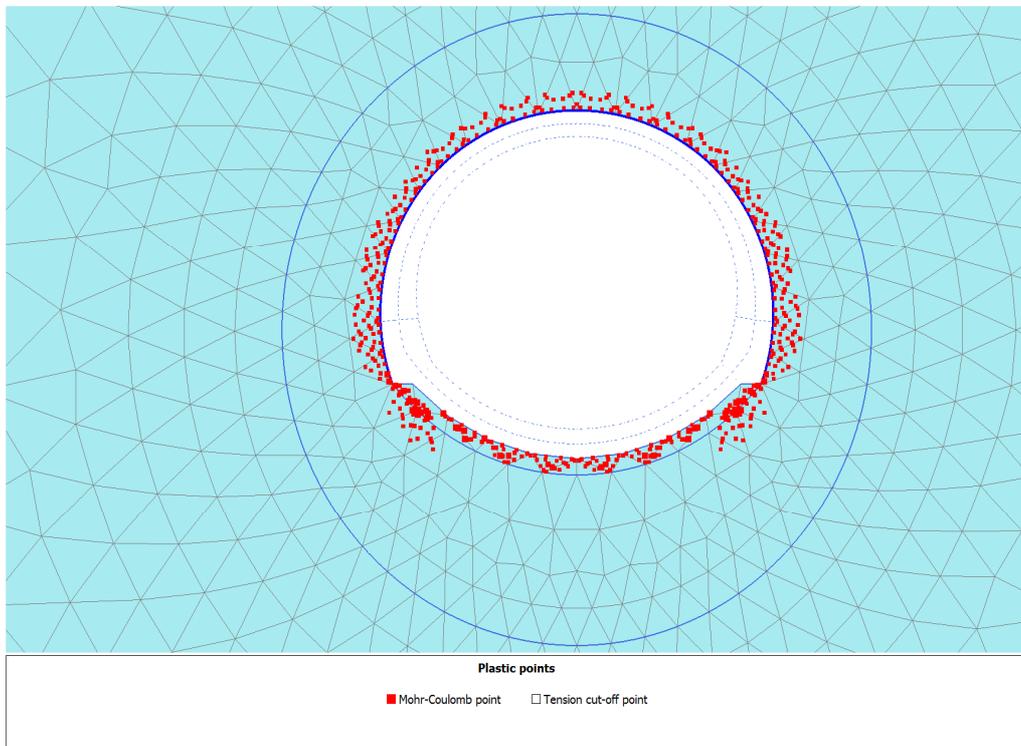


Figura 118: 4.29.1 Calculation results_ TIME_01 (2_5)_ Plastic points.png

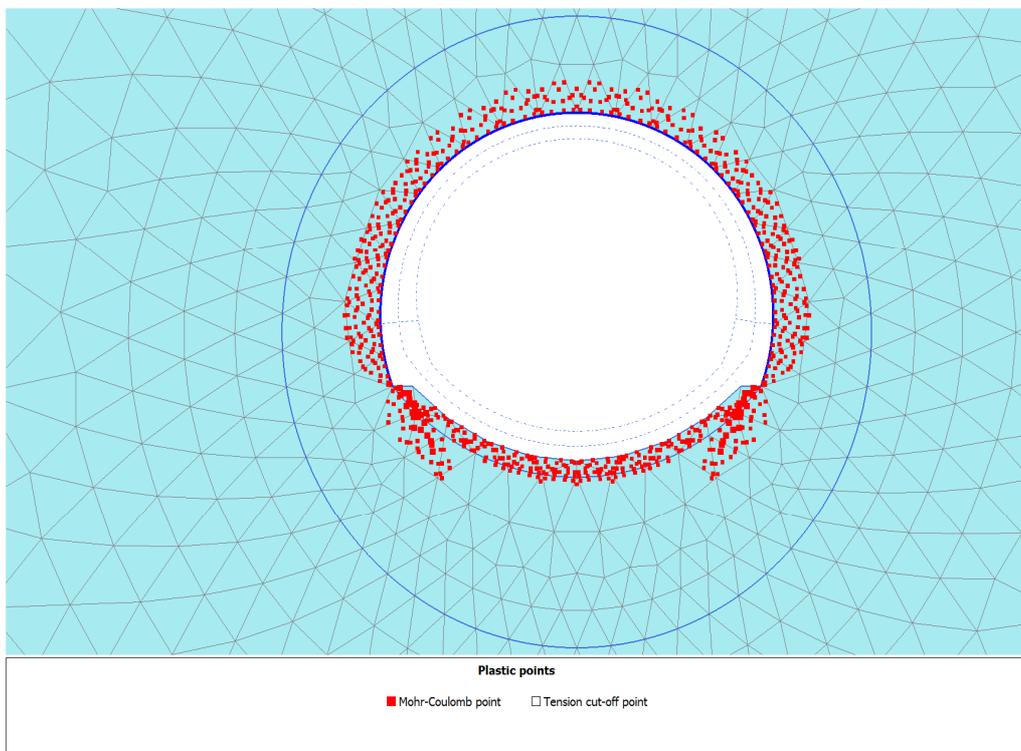


Figura 119: 4.29.2 Calculation results_ TIME_02 (3_11)_ Plastic points.png

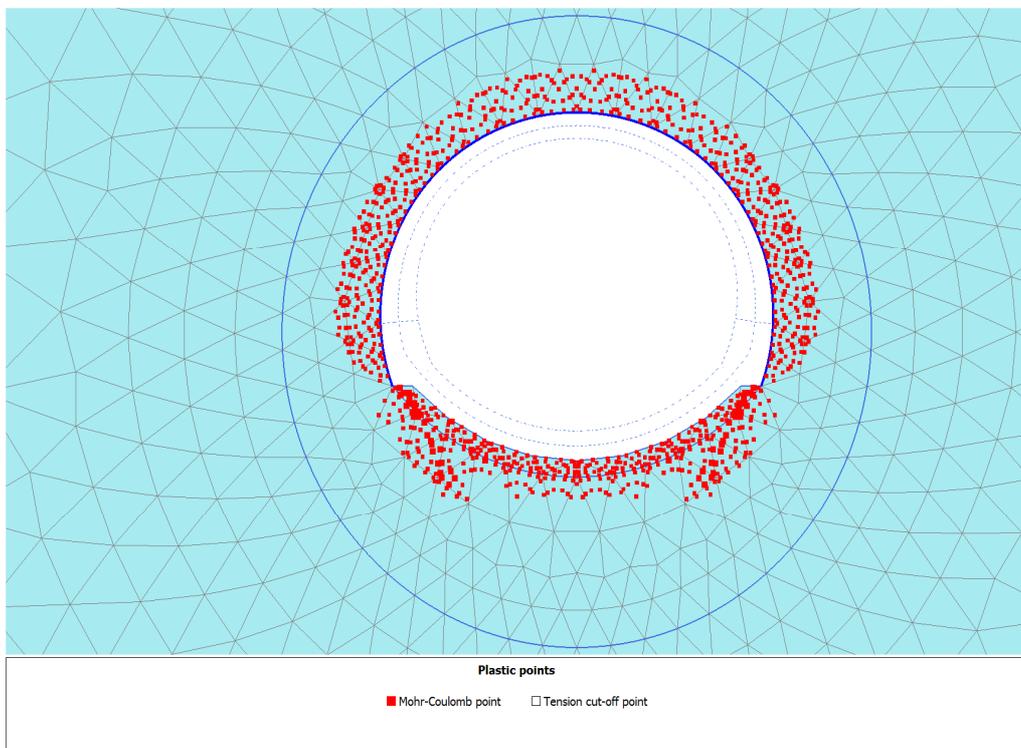


Figura 120: 4.29.3 Calculation results_ TIME_03 (4_13)_ Plastic points.png

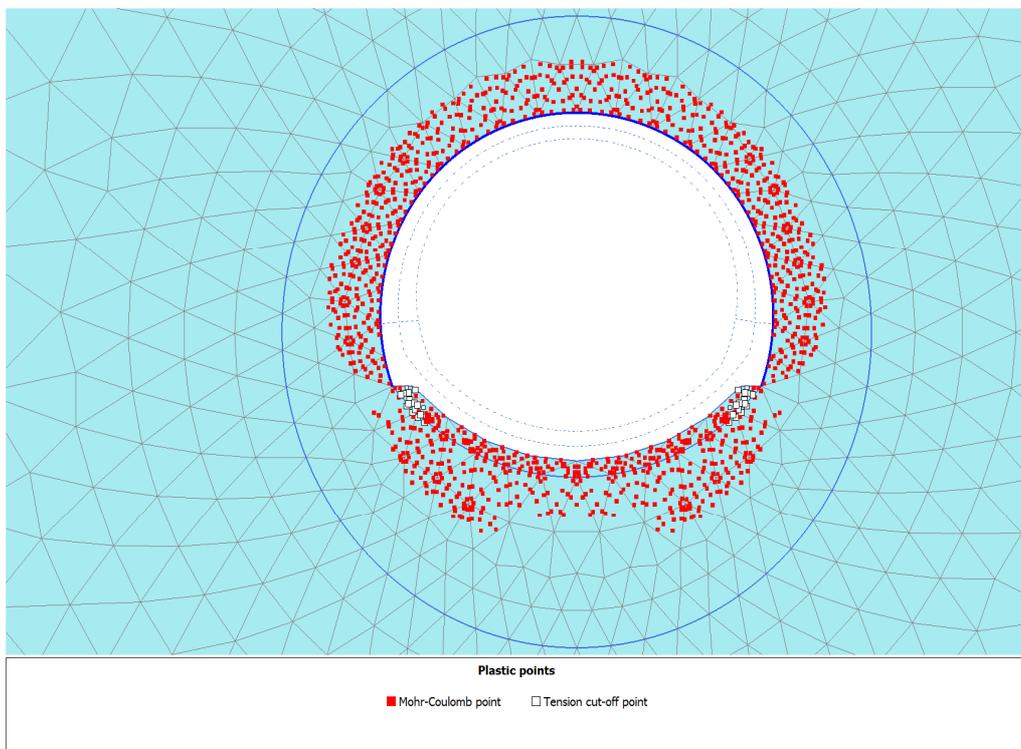


Figura 121: 4.29.4 Calculation results_ TIME_04 (5_16)_ Plastic points.png

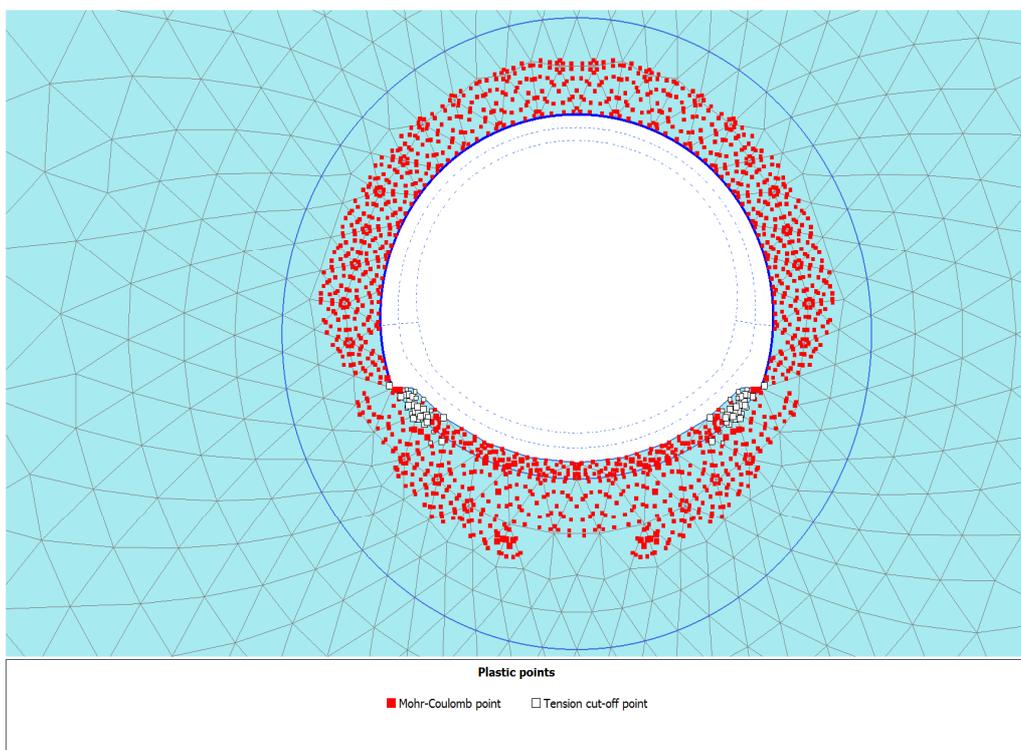


Figura 122: 4.29.5 Calculation results_ TIME_05 (9_36)_ Plastic points.png

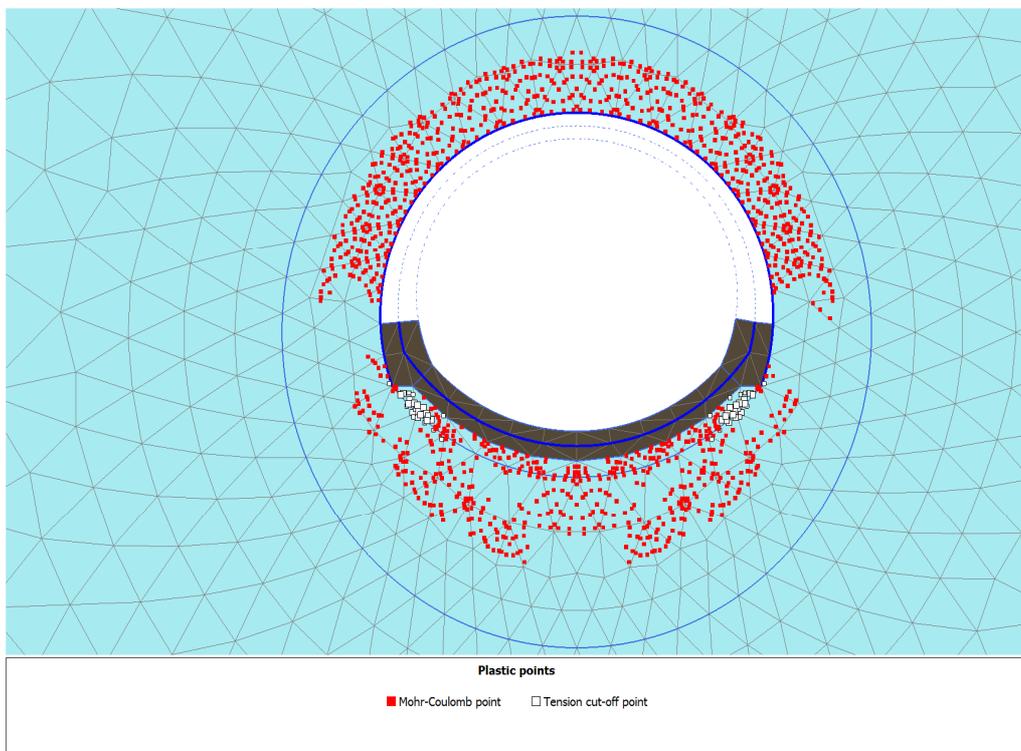


Figura 123: 4.29.6 Calculation results_ TIME_06 (6_19)_ Plastic points.png

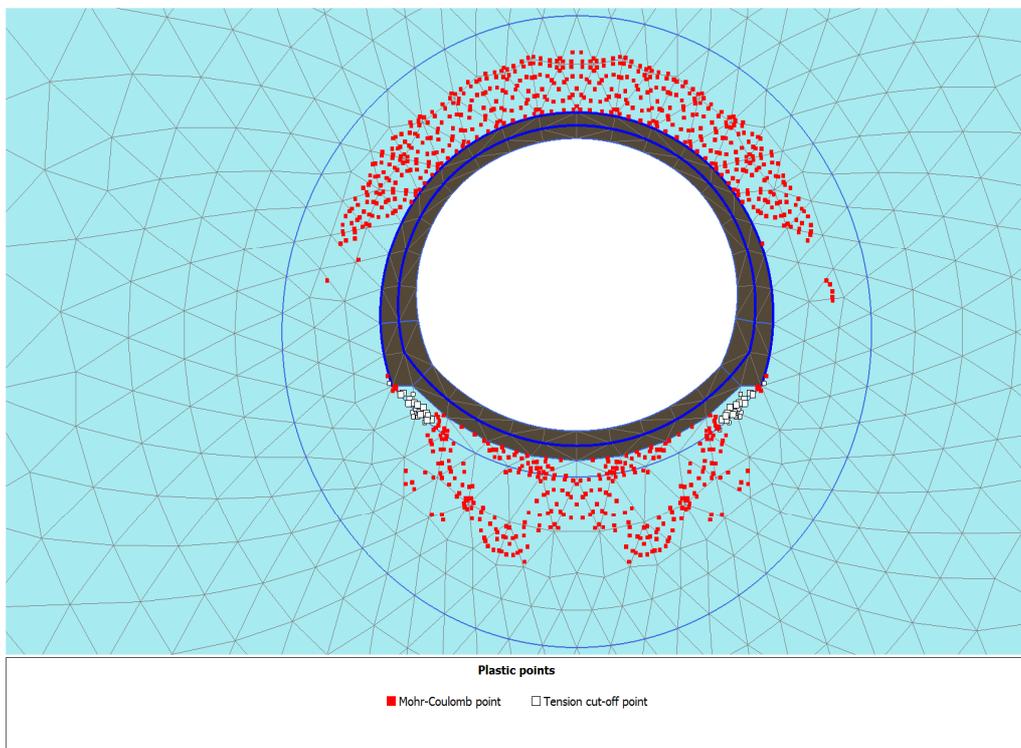


Figura 124: 4.29.7 Calculation results_ TIME_07 (7_8)_ Plastic points.png

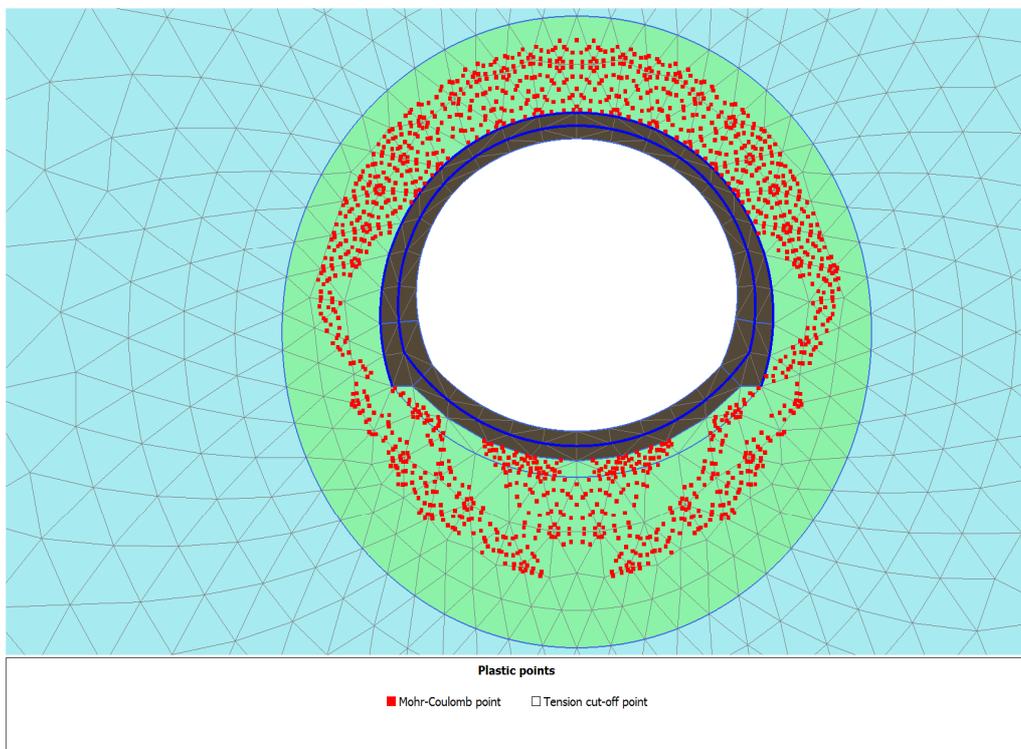


Figura 125: 4.29.8 Calculation results_ TIME_08 (8_27)_ Plastic points.png

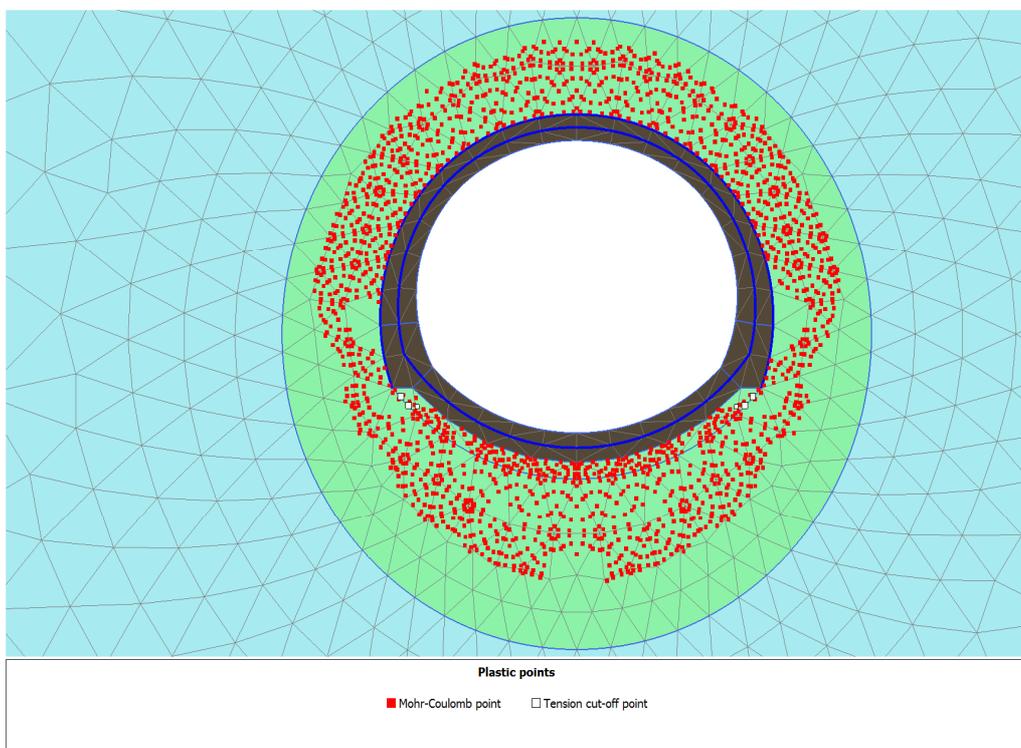


Figura 126: 4.29.9 Calculation results_ TIME_09 (10_10)_ Plastic points.png

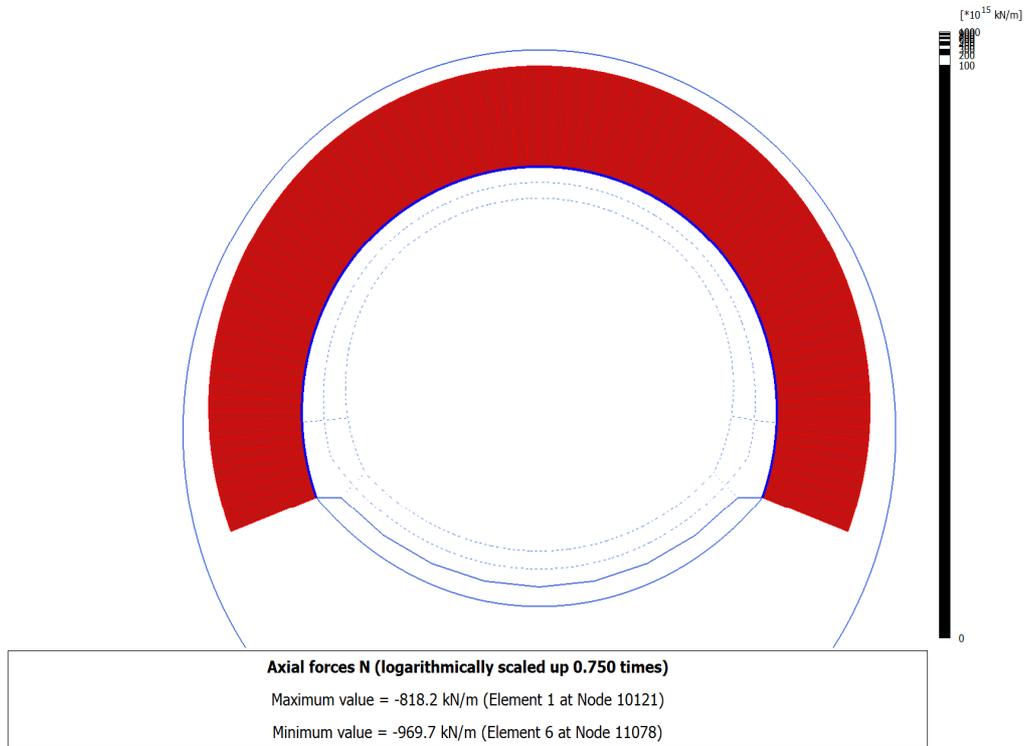


Figura 127: 4.30.3 Calculation results_Plate_TIME_03 (4_13)_ Axial forces N.png

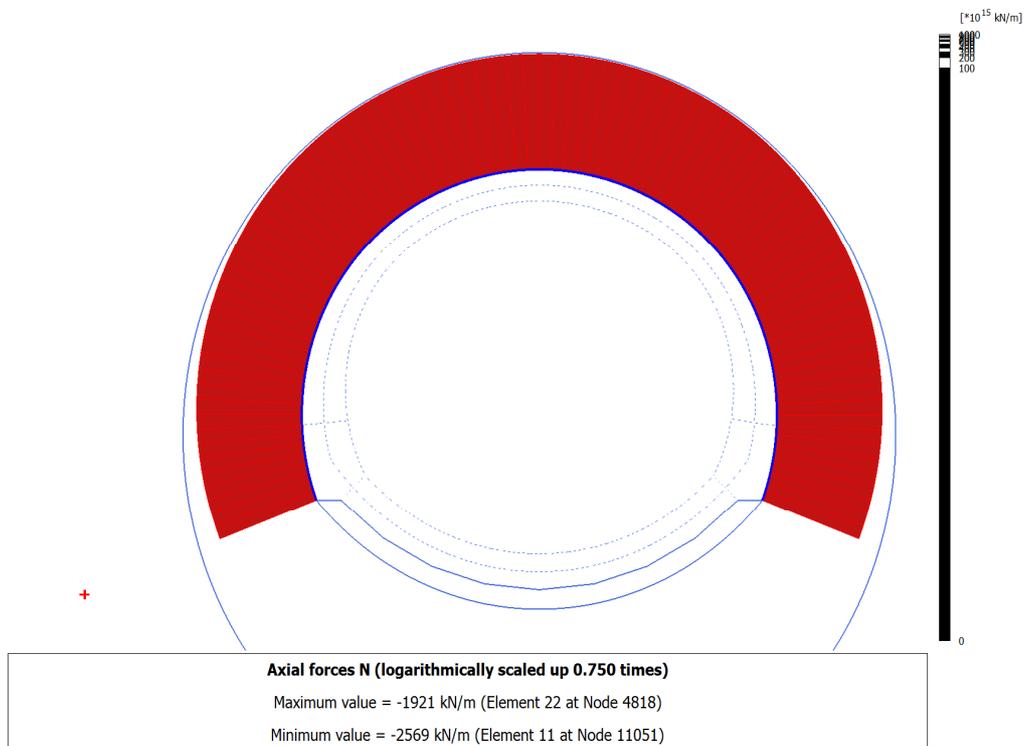


Figura 128: 4.30.4 Calculation results_Plate_TIME_04 (5_16)_ Axial forces N.png

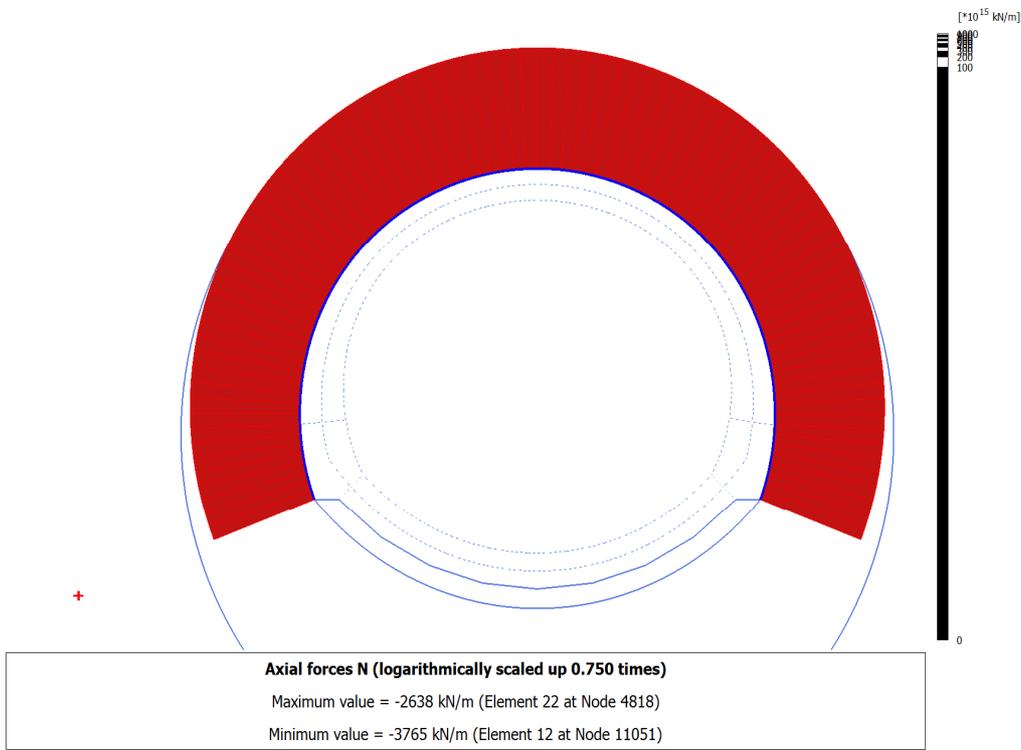


Figura 129: 4.30.5 Calculation results_Plate_TIME_05 (9_36)_ Axial forces N.png

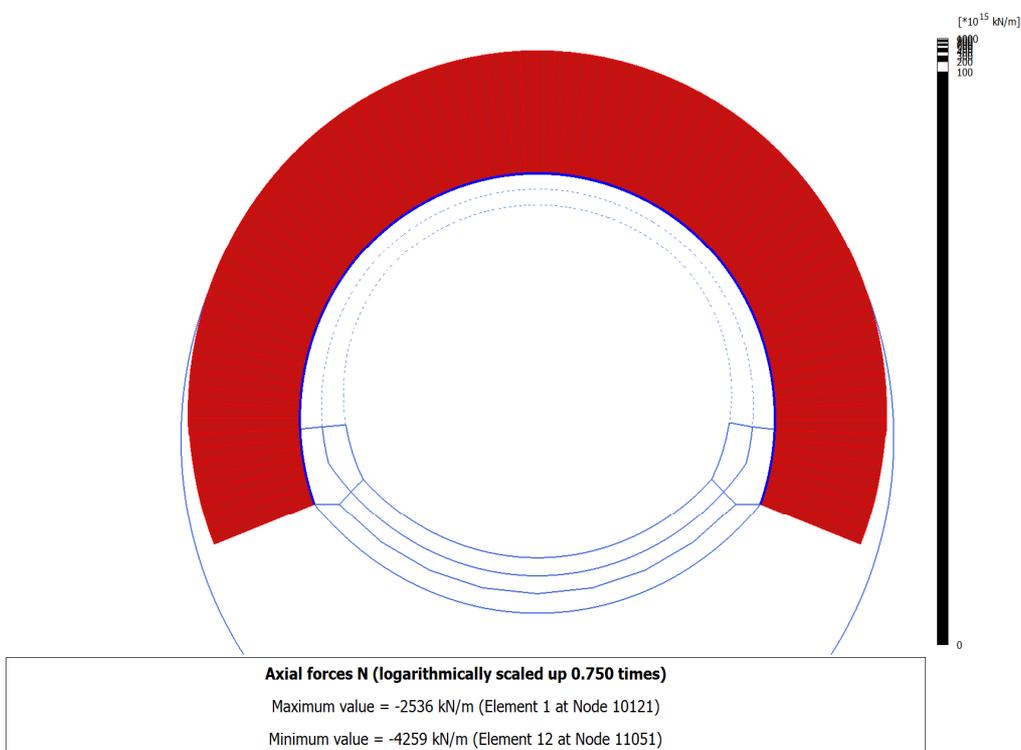


Figura 130: 4.30.6 Calculation results_Plate_TIME_06 (6_19)_ Axial forces N.png

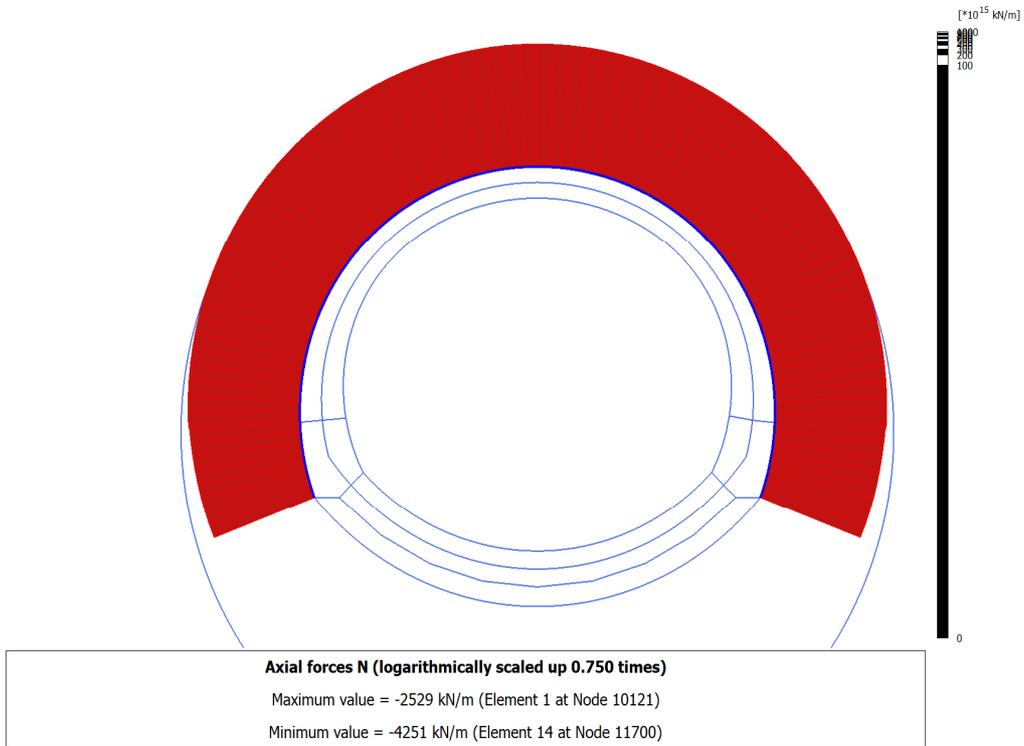


Figura 131: 4.30.7 Calculation results_ Plate_ TIME_07 (7_8)_ Axial forces N.png

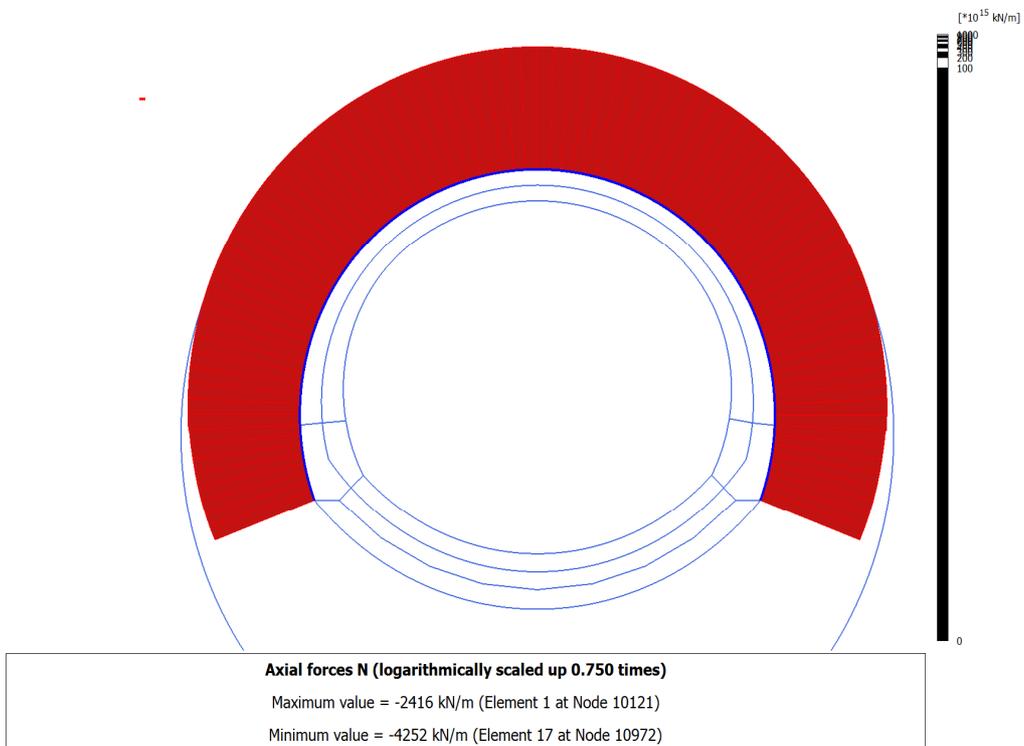


Figura 132: 4.30.8 Calculation results_ Plate_ TIME_08 (8_27)_ Axial forces N.png

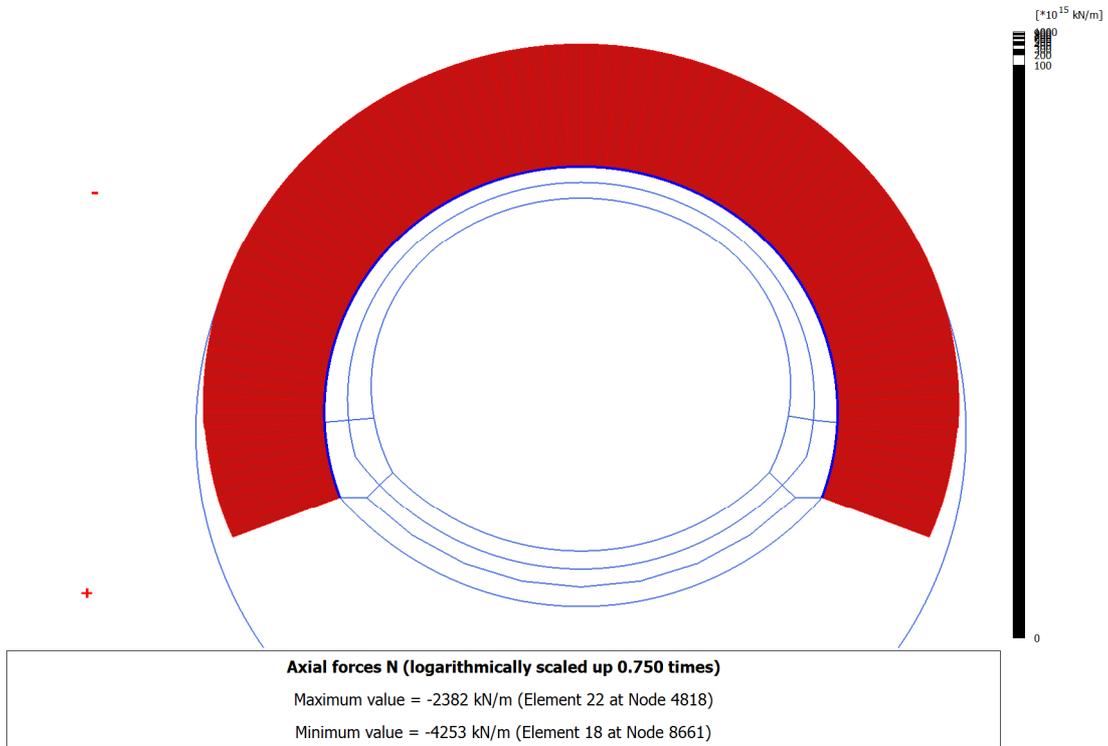


Figura 133: 4.30.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Axial forces N.png

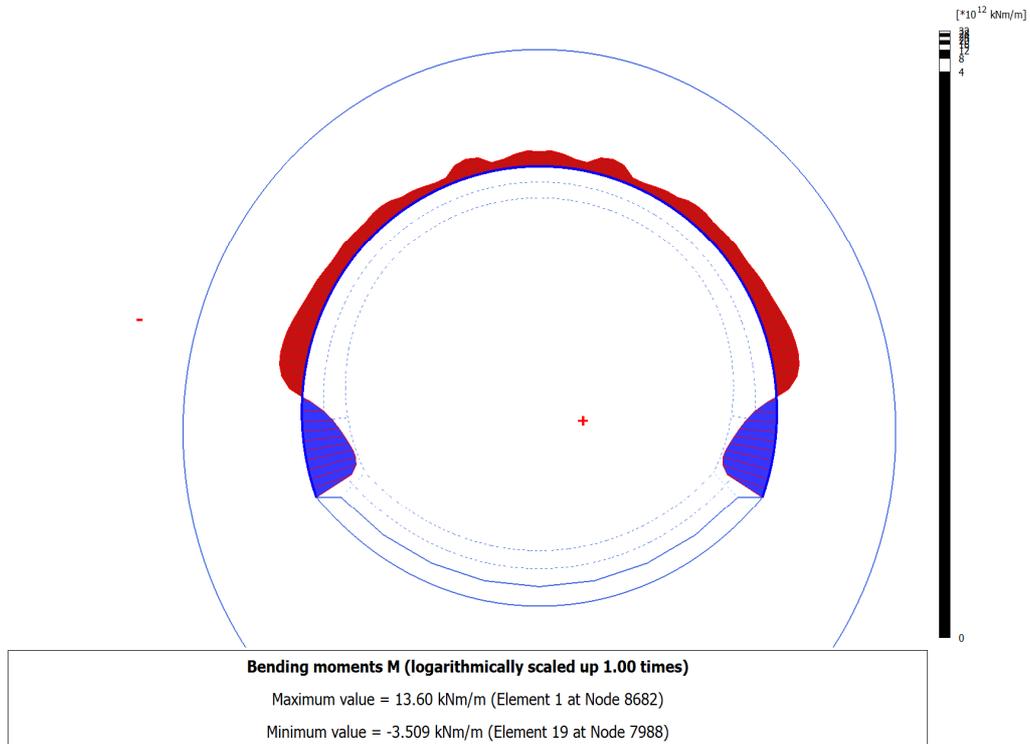


Figura 134: 4.31.3 Calculation results_Plate_TIME_03 (4_13)_ Bending moments M.png

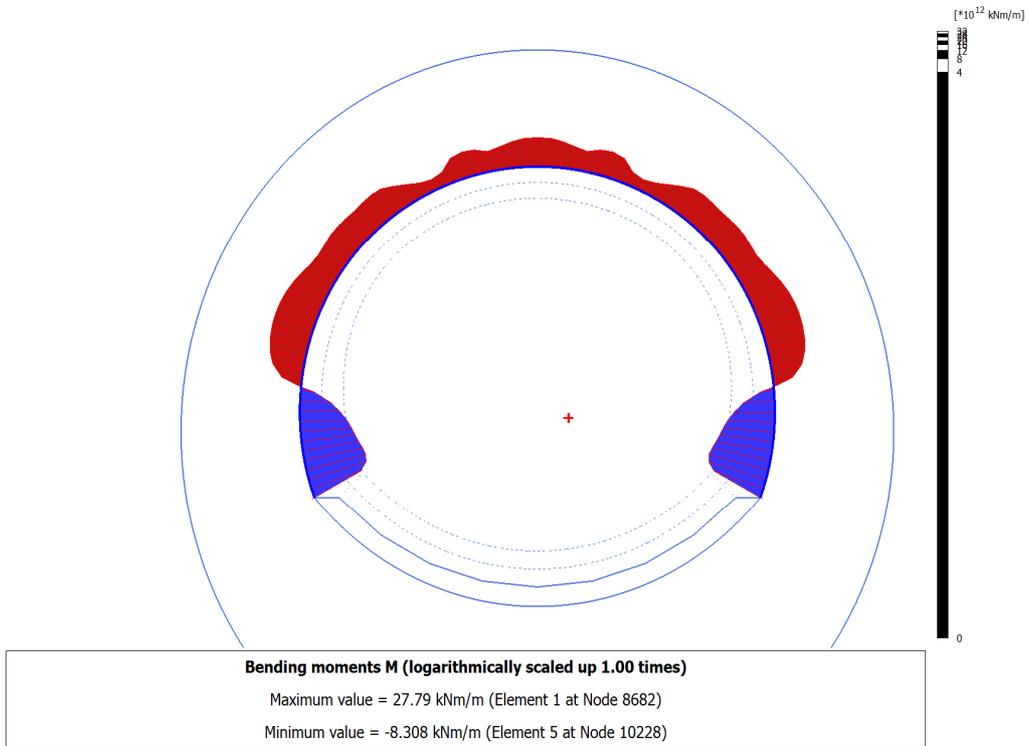


Figura 135: 4.31.4 Calculation results_ Plate_ TIME_04 (5_16)_ Bending moments M.png

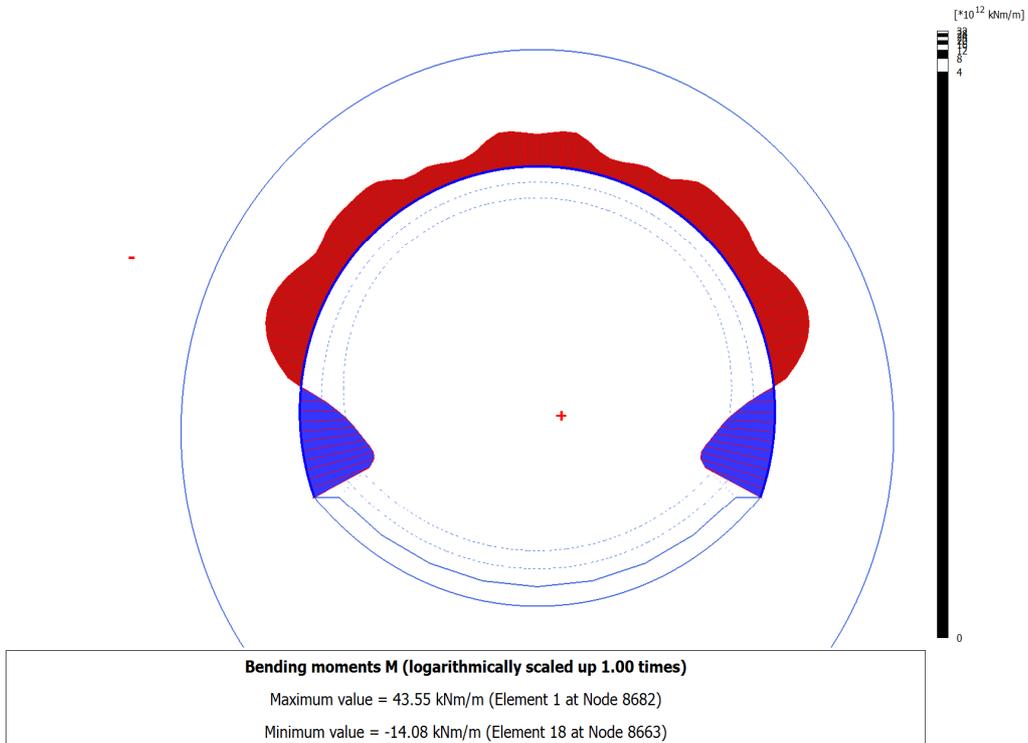


Figura 136: 4.31.5 Calculation results_ Plate_ TIME_05 (9_36)_ Bending moments M.png

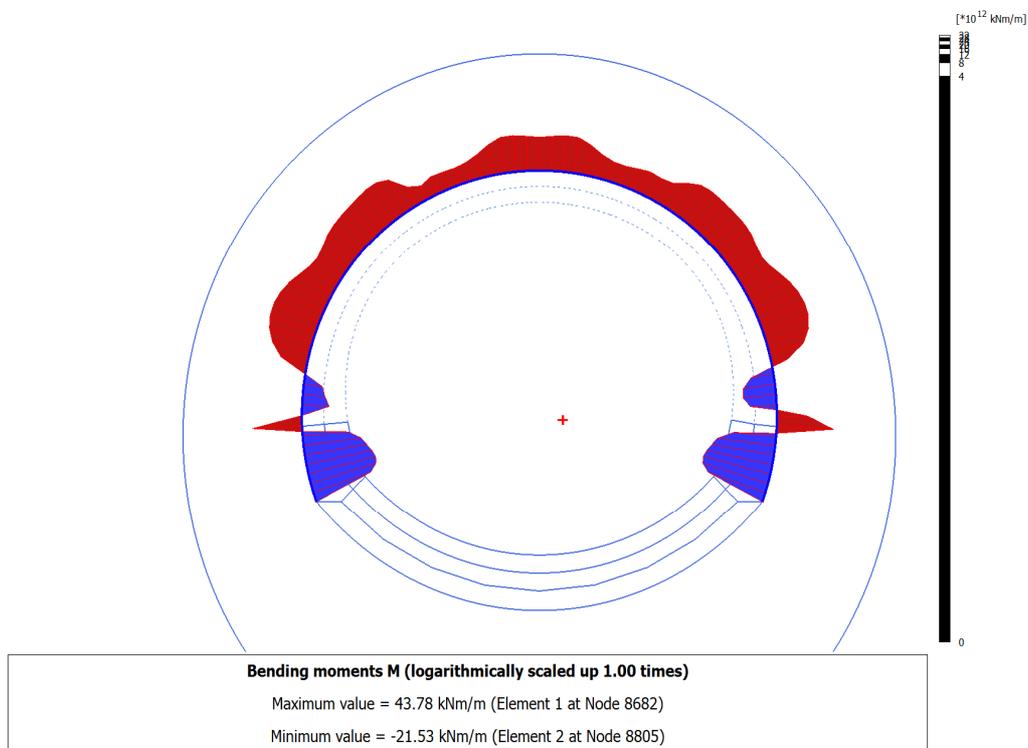


Figura 137: 4.31.6 Calculation results_Plate_TIME_06 (6_19)_ Bending moments M.png

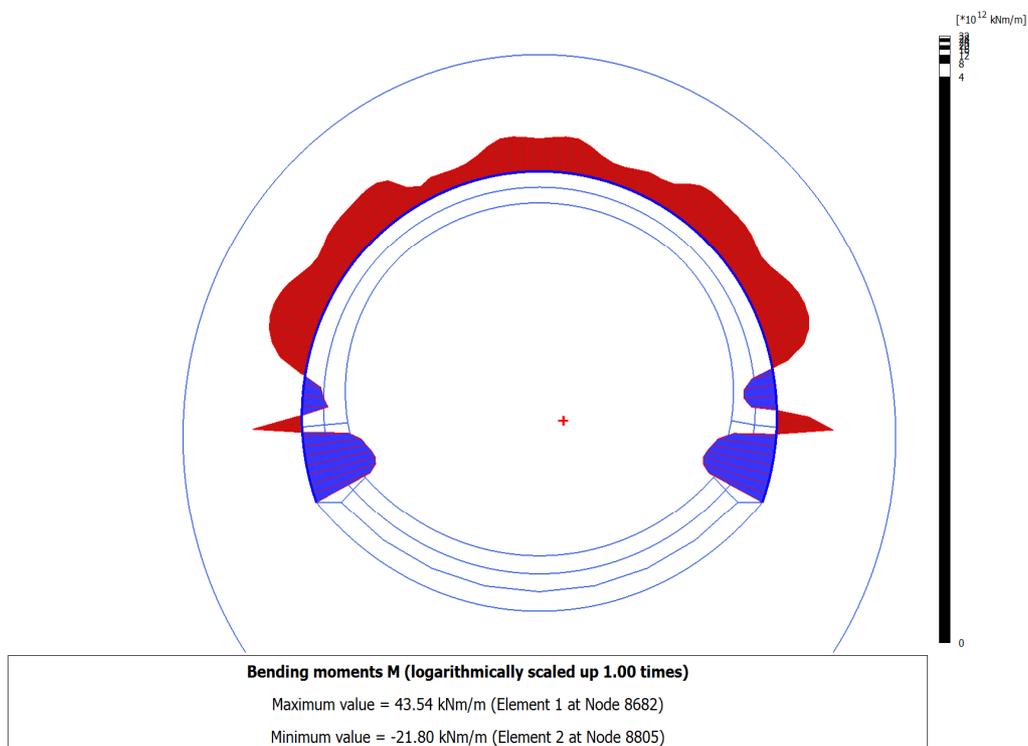


Figura 138: 4.31.7 Calculation results_Plate_TIME_07 (7_8)_ Bending moments M.png

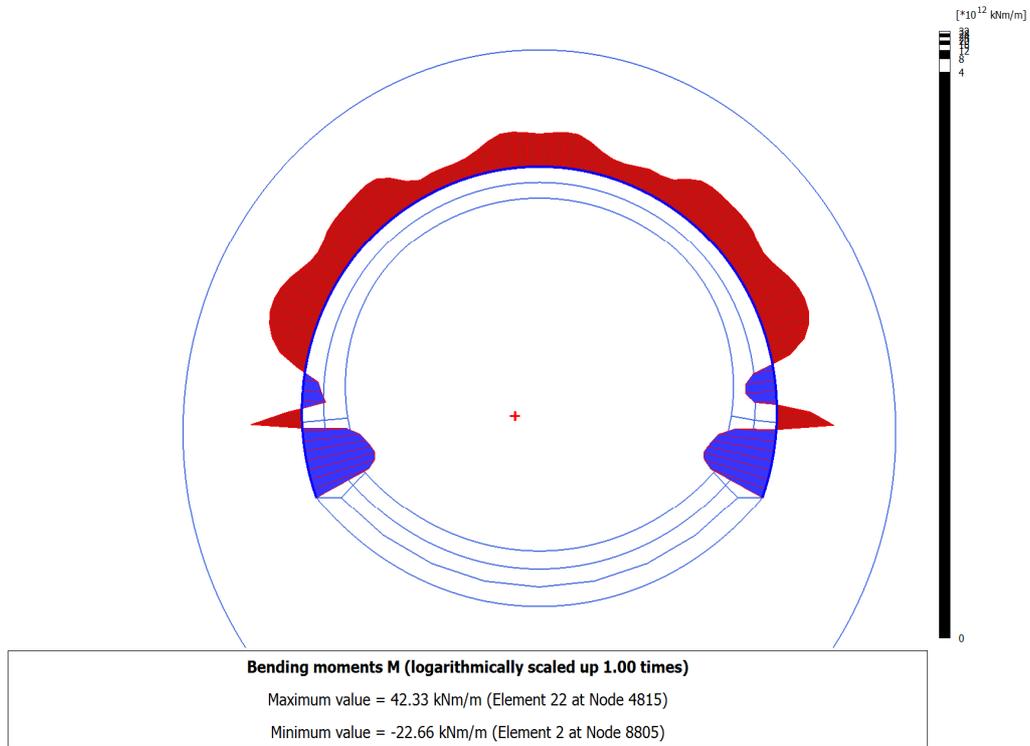


Figura 139: 4.31.8 Calculation results_Plate_TIME_08 (8_27)_ Bending moments M.png

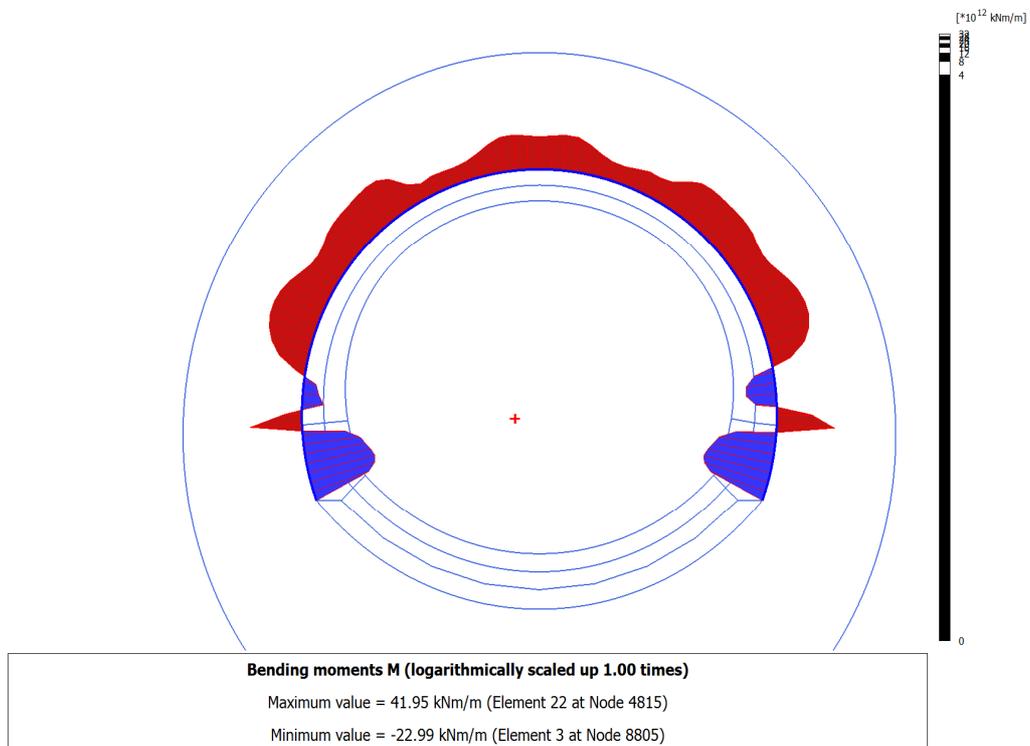


Figura 140: 4.31.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Bending moments M.png

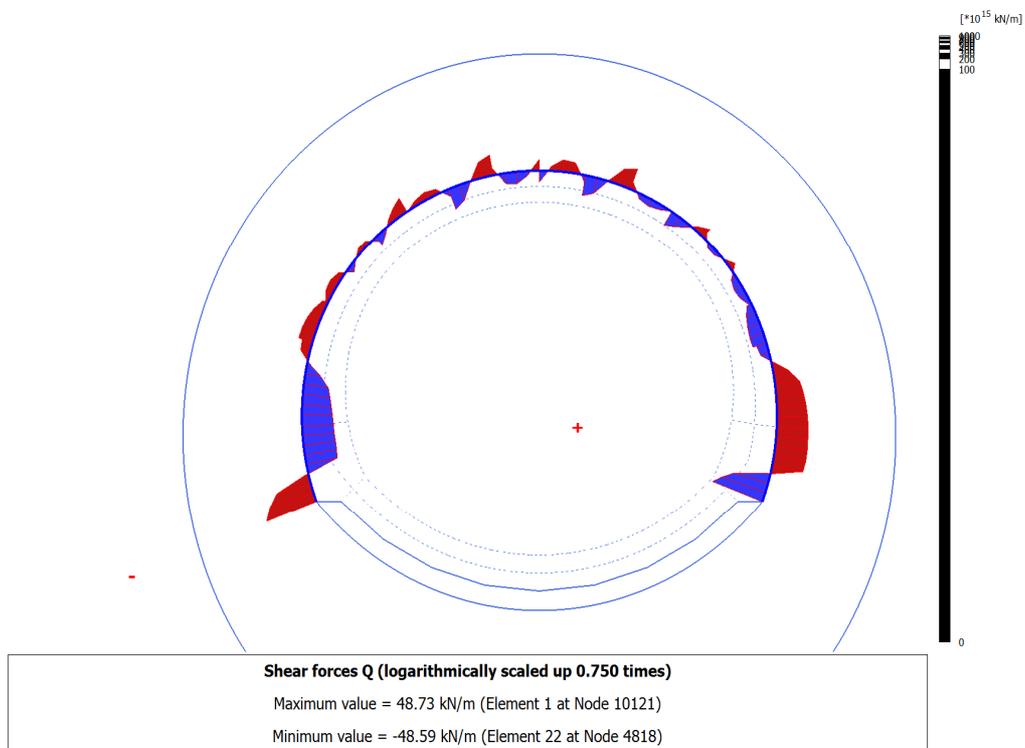


Figura 141: 4.32.3 Calculation results_ Plate_ TIME_03 (4_13)_ Shear forces Q.png

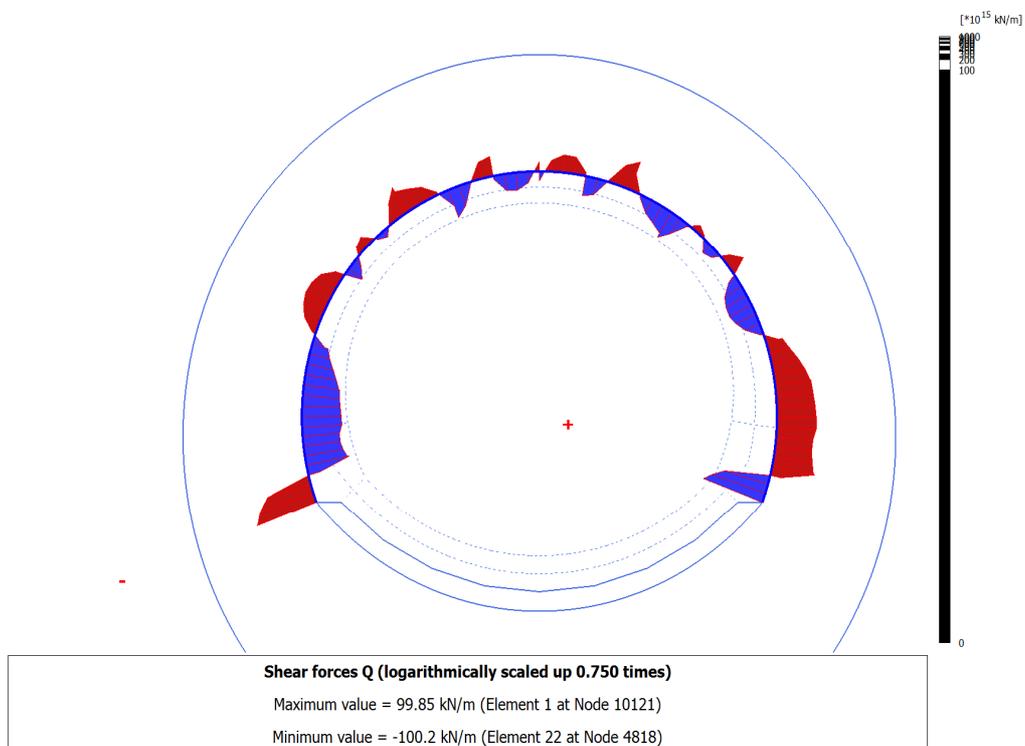


Figura 142: 4.32.4 Calculation results_ Plate_ TIME_04 (5_16)_ Shear forces Q.png

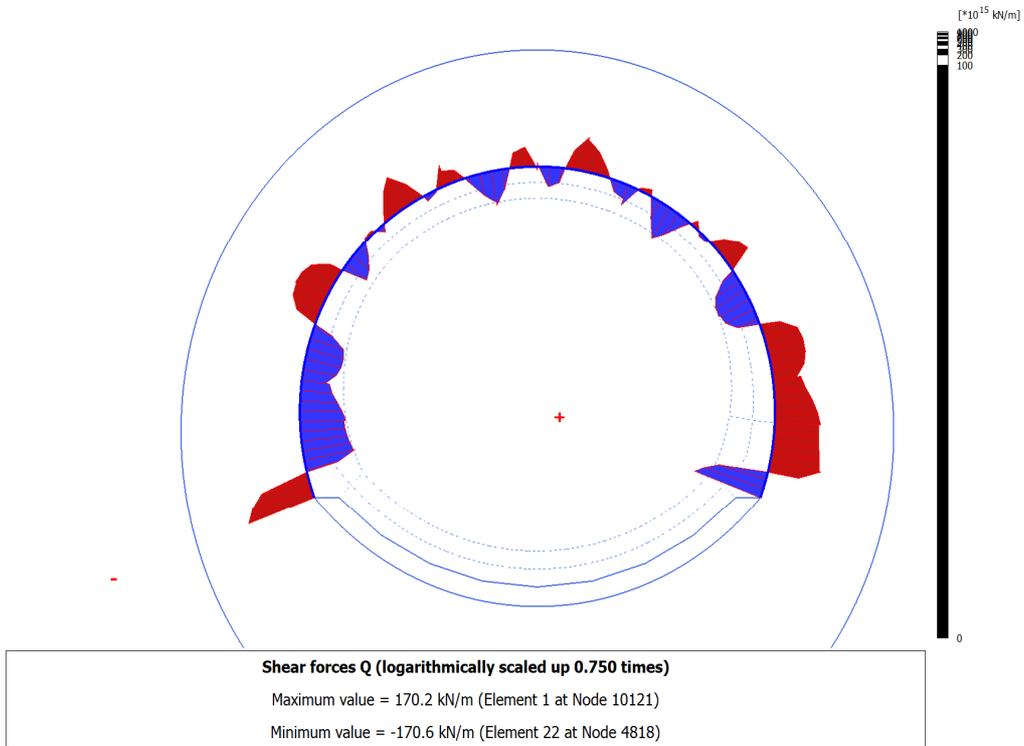


Figura 143: 4.32.5 Calculation results_ Plate_ TIME_05 (9_36)_ Shear forces Q.png

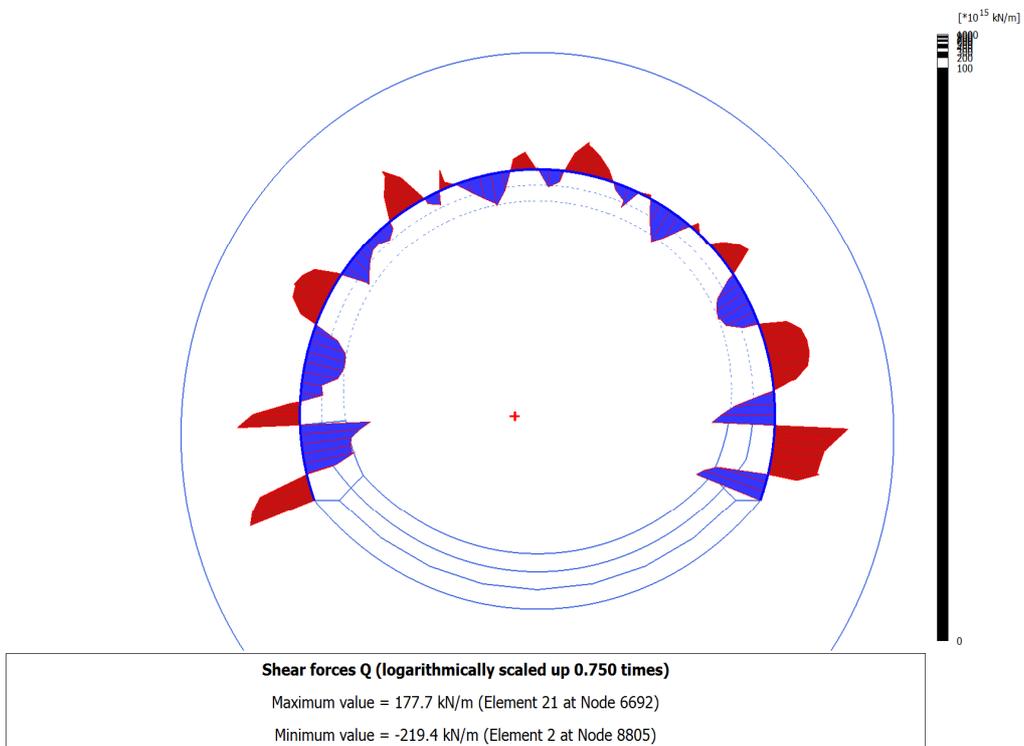
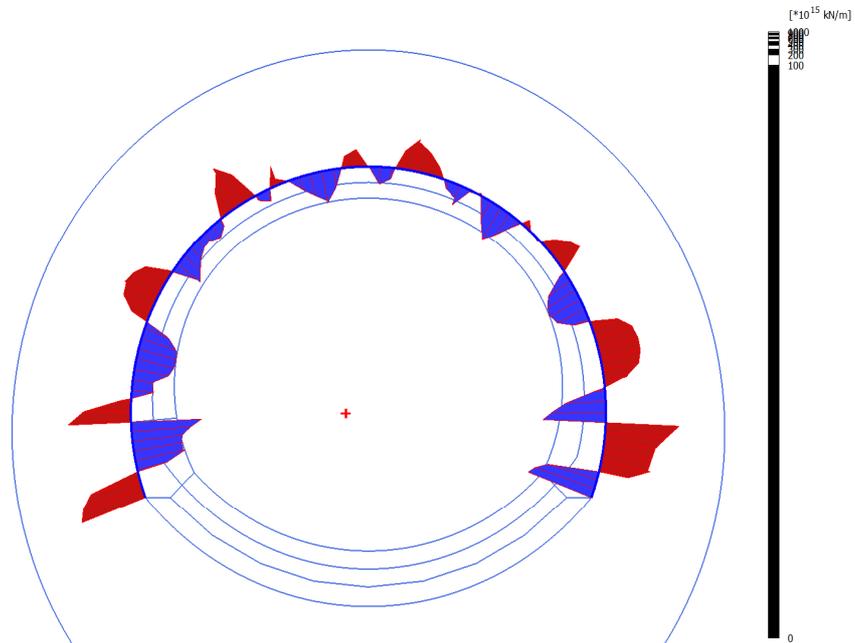


Figura 144: 4.32.6 Calculation results_ Plate_ TIME_06 (6_19)_ Shear forces Q.png

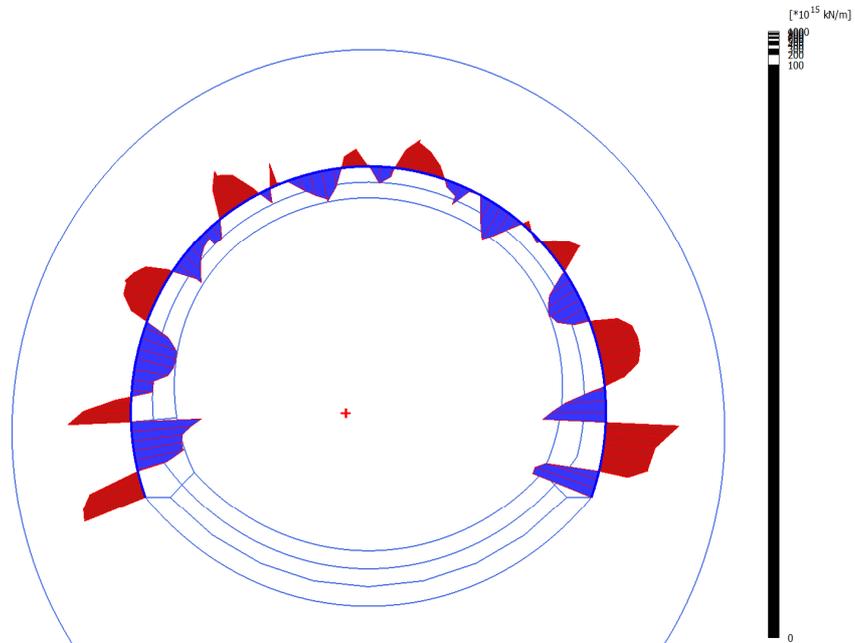


Shear forces Q (logarithmically scaled up 0.750 times)

Maximum value = 177.6 kN/m (Element 21 at Node 6692)

Minimum value = -219.3 kN/m (Element 2 at Node 8805)

Figura 145: 4.32.7 Calculation results_Plate_TIME_07 (7_8)_ Shear forces Q.png



Shear forces Q (logarithmically scaled up 0.750 times)

Maximum value = 177.9 kN/m (Element 21 at Node 6692)

Minimum value = -219.0 kN/m (Element 2 at Node 8805)

Figura 146: 4.32.8 Calculation results_Plate_TIME_08 (8_27)_ Shear forces Q.png

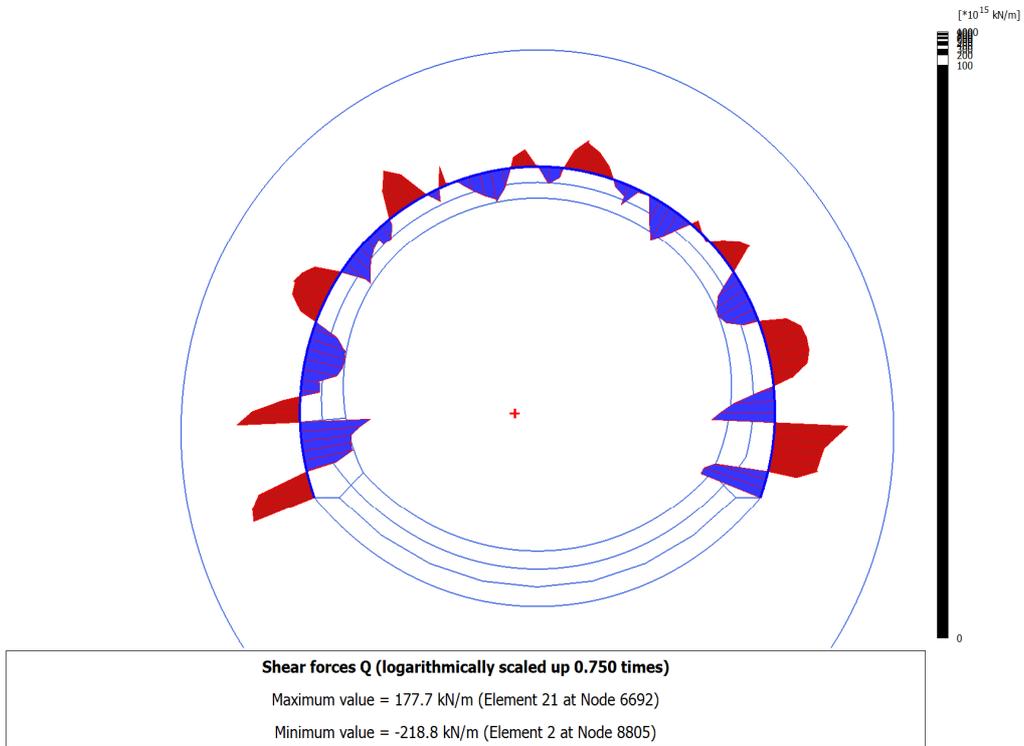


Figura 147: 4.32.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Shear forces Q.png

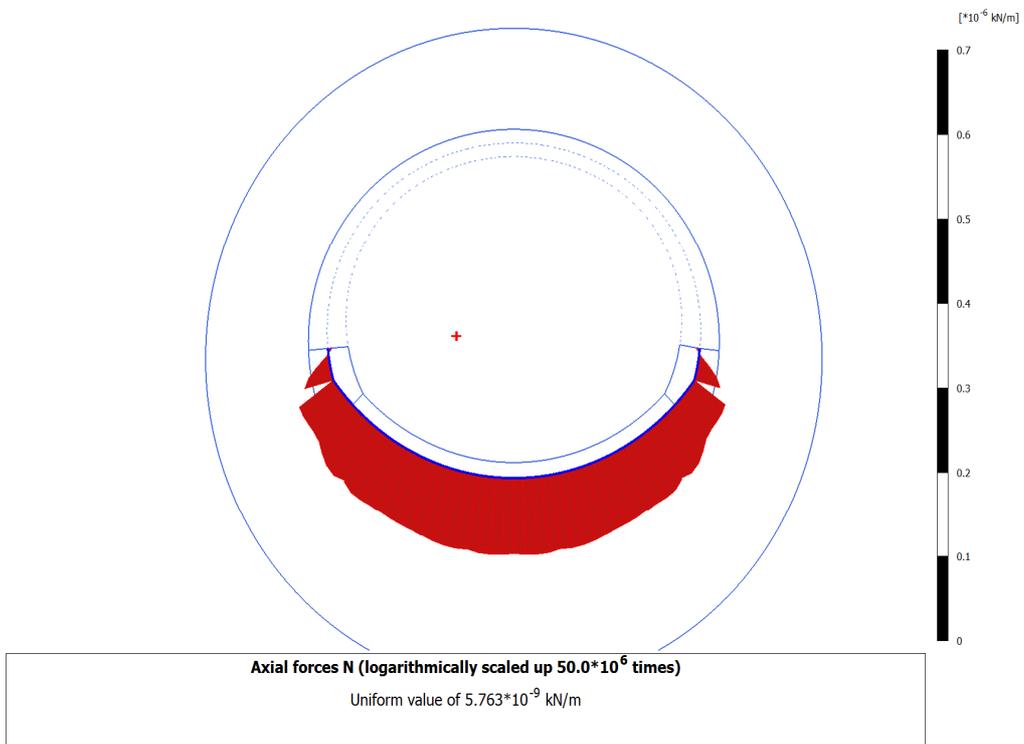


Figura 148: 4.33.6 Calculation results_Plate_TIME_06 (6_19)_ Axial forces N.png

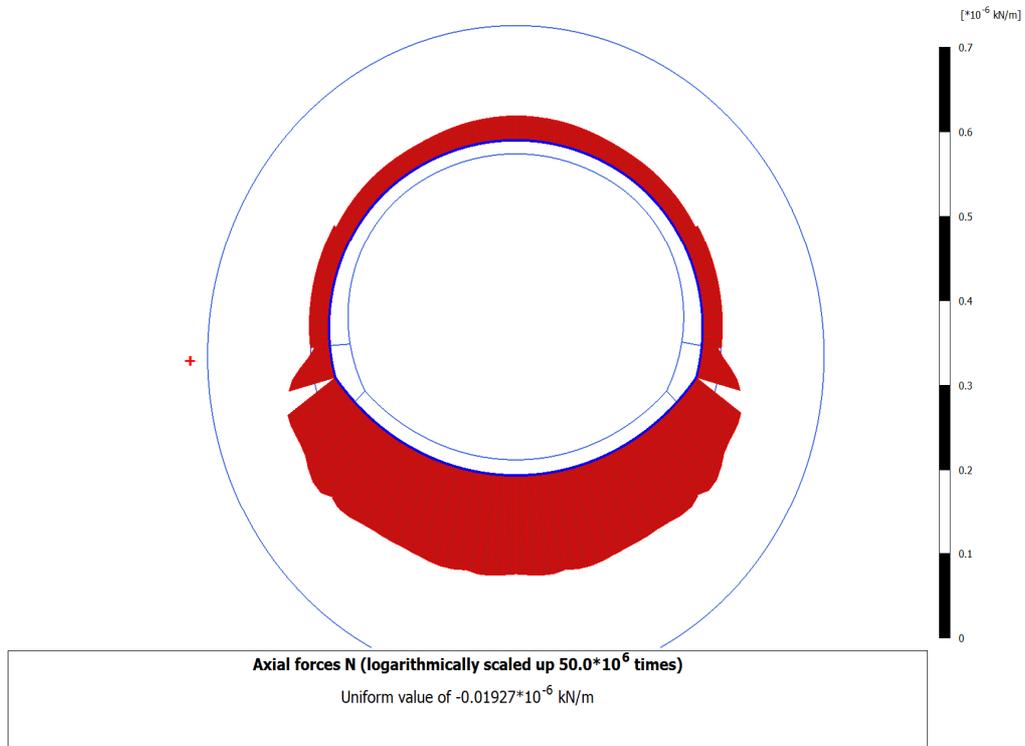


Figura 149: 4.33.7 Calculation results_ Plate_ TIME_07 (7_8)_ Axial forces N.png

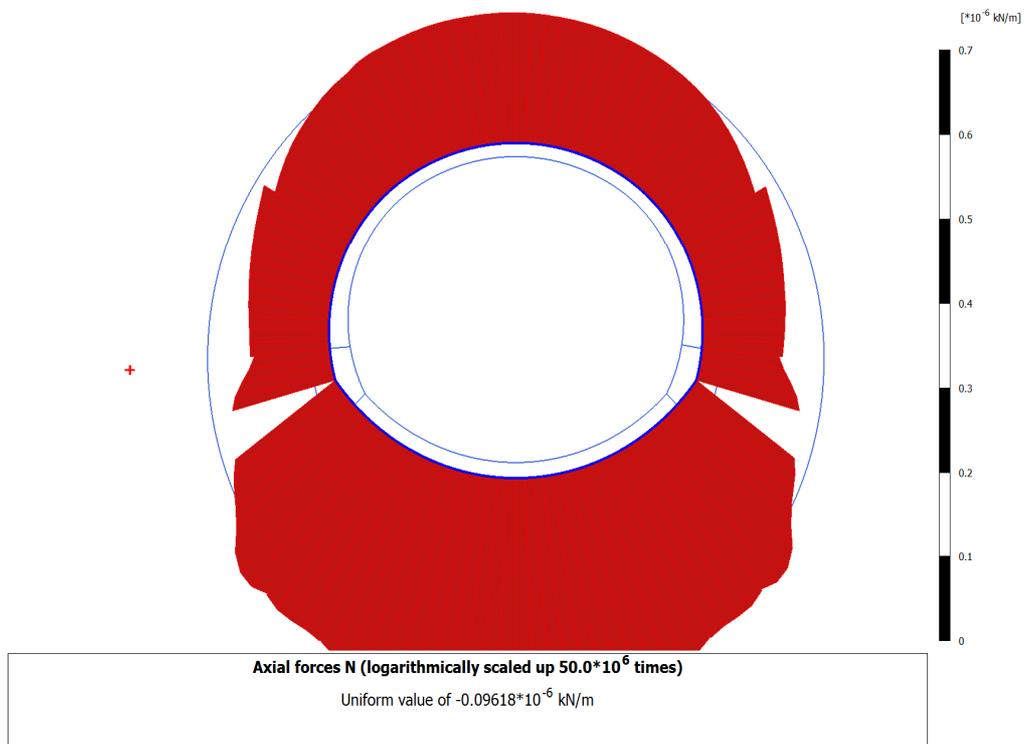


Figura 150: 4.33.8 Calculation results_ Plate_ TIME_08 (8_27)_ Axial forces N.png

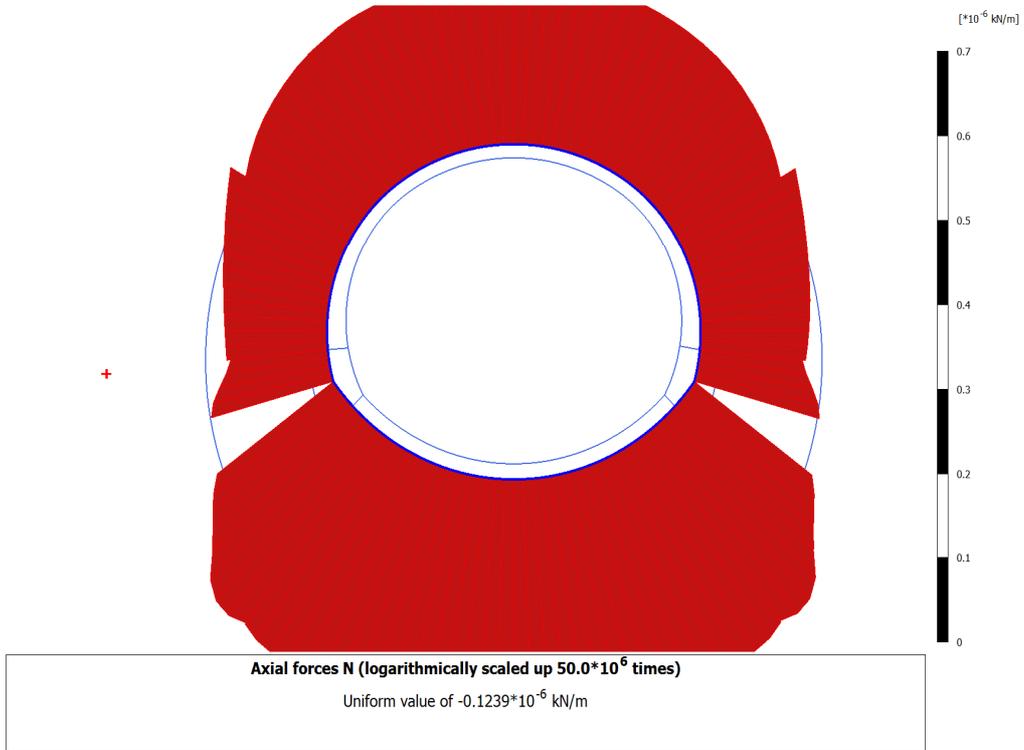


Figura 151: 4.33.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Axial forces N.png

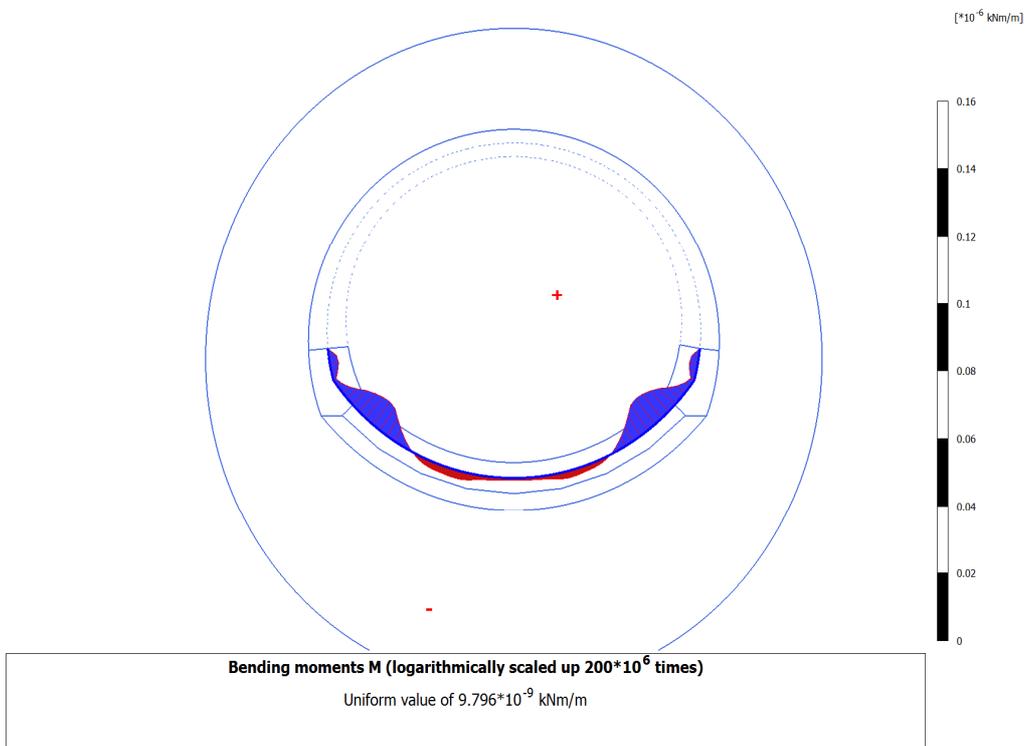


Figura 152: 4.34.6 Calculation results_Plate_TIME_06 (6_19)_ Bending moments M.png

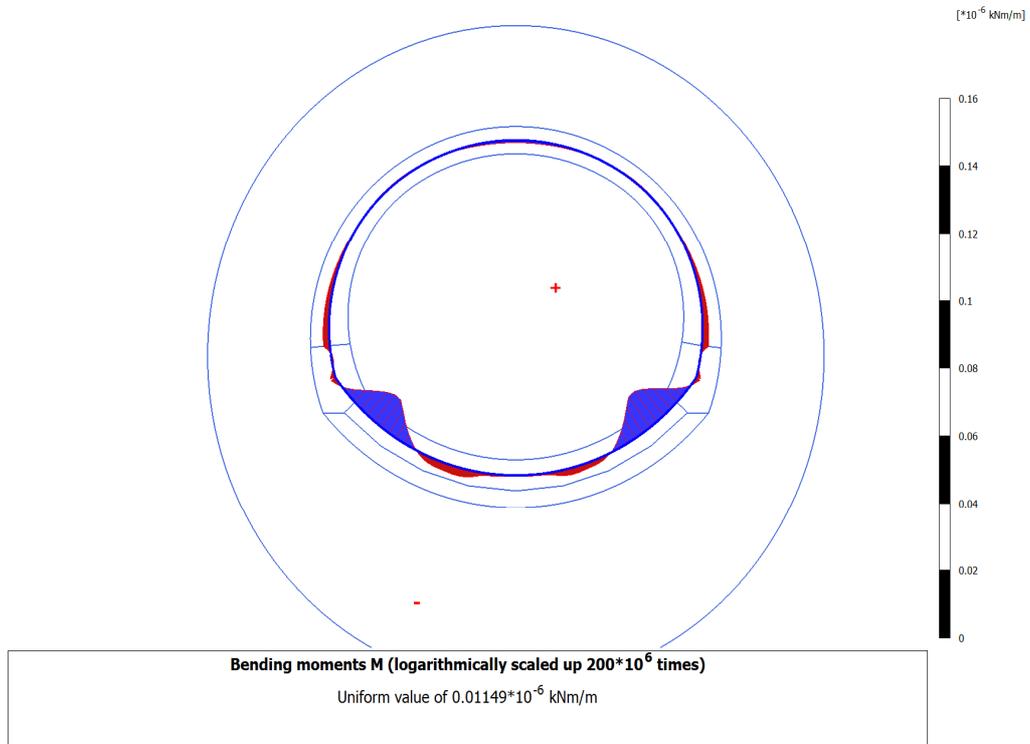


Figura 153: 4.34.7 Calculation results_Plate_TIME_07 (7_8)_ Bending moments M.png

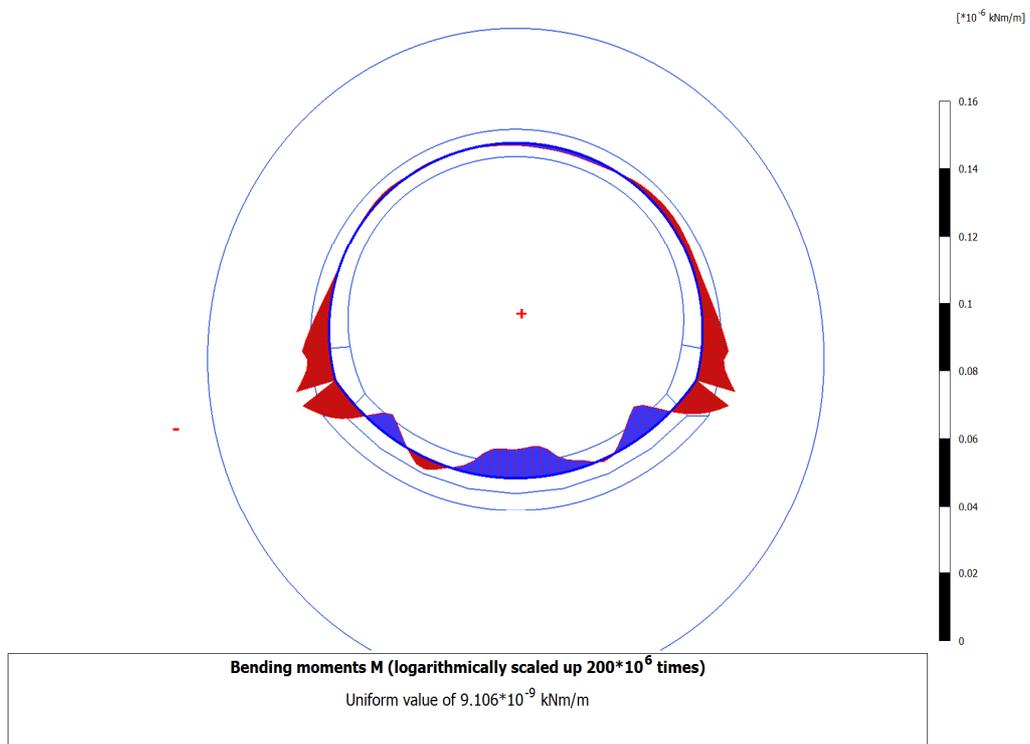


Figura 154: 4.34.8 Calculation results_Plate_TIME_08 (8_27)_ Bending moments M.png

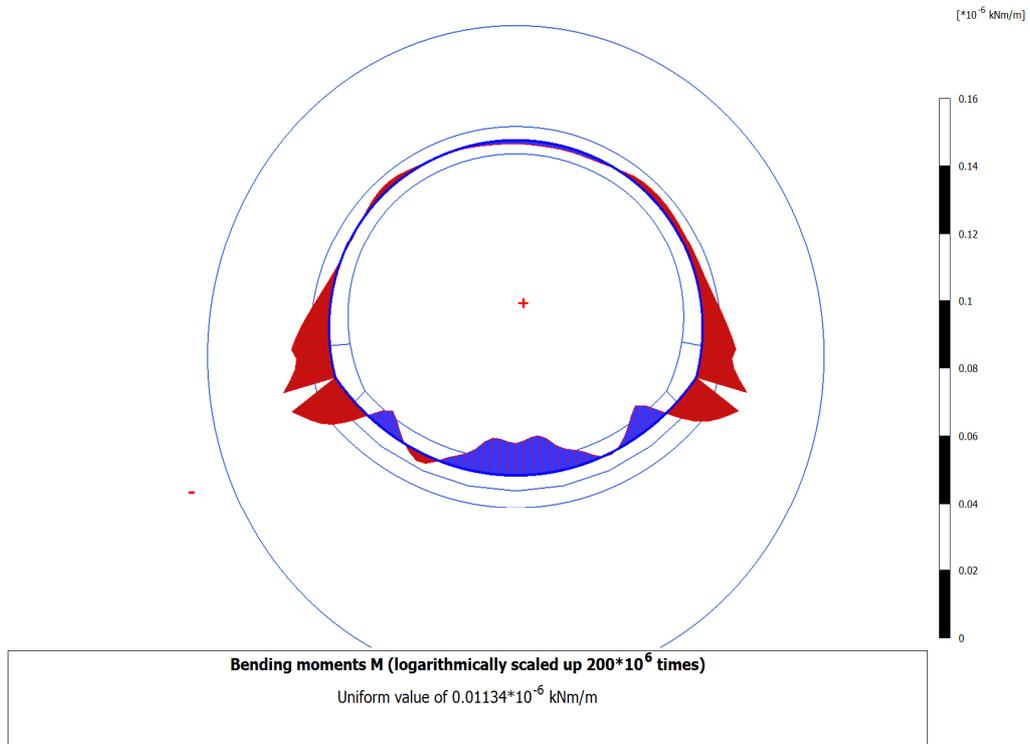


Figura 155: 4.34.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Bending moments M.png

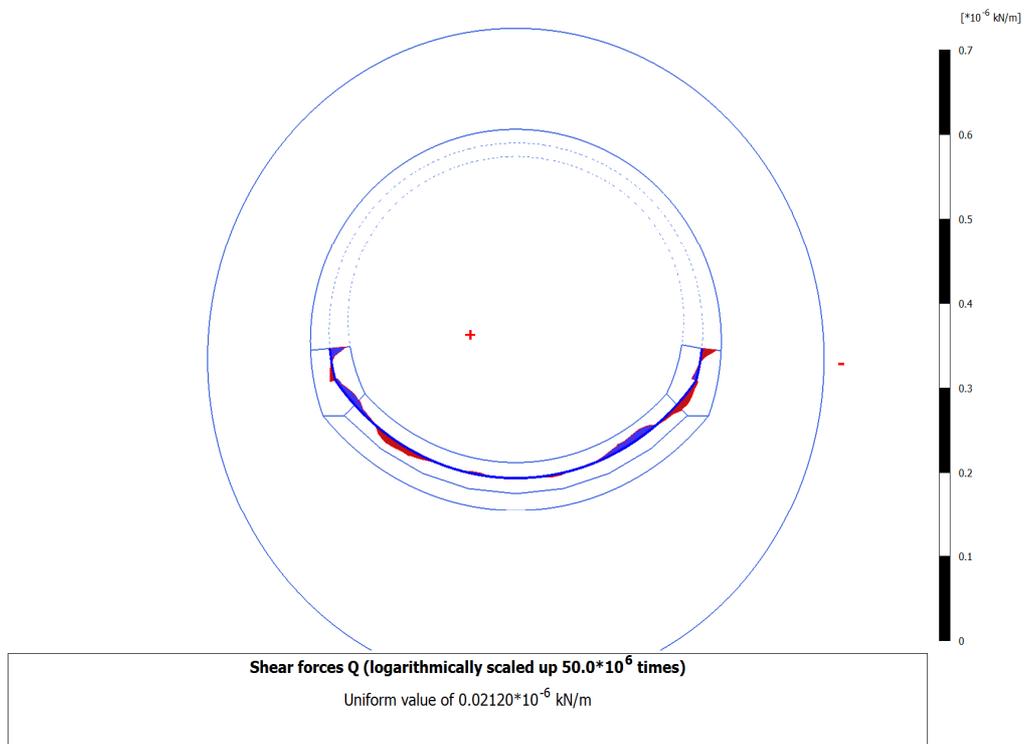


Figura 156: 4.35.6 Calculation results_Plate_TIME_06 (6_19)_ Shear forces Q.png

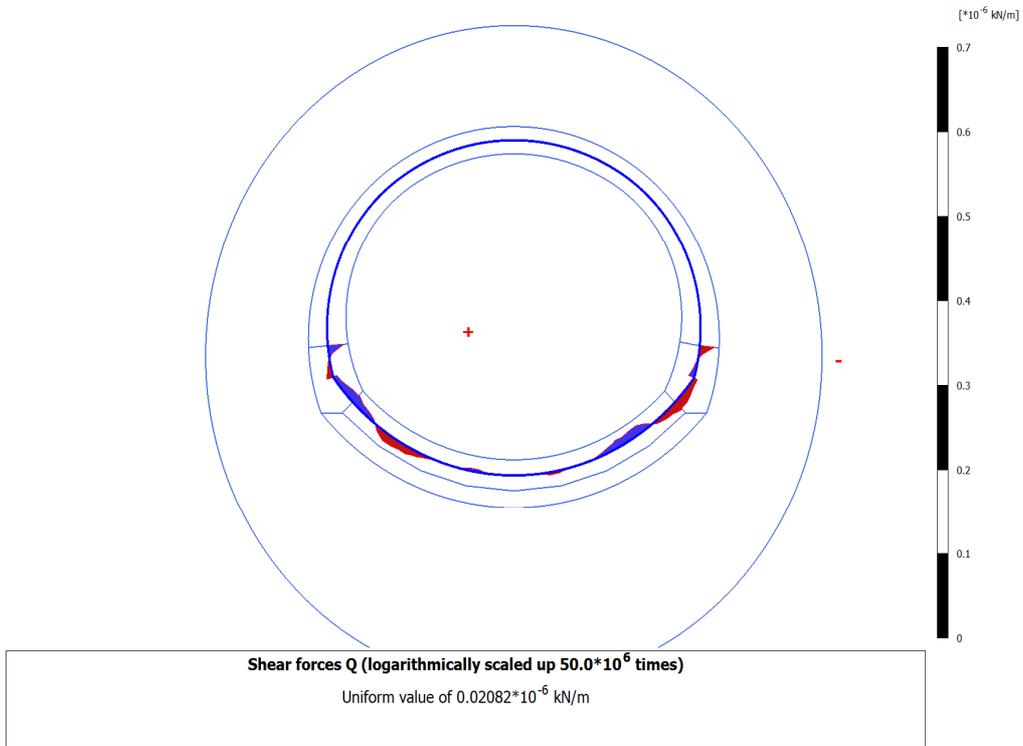


Figura 157: 4.35.7 Calculation results_Plate_TIME_07 (7_8)_ Shear forces Q.png

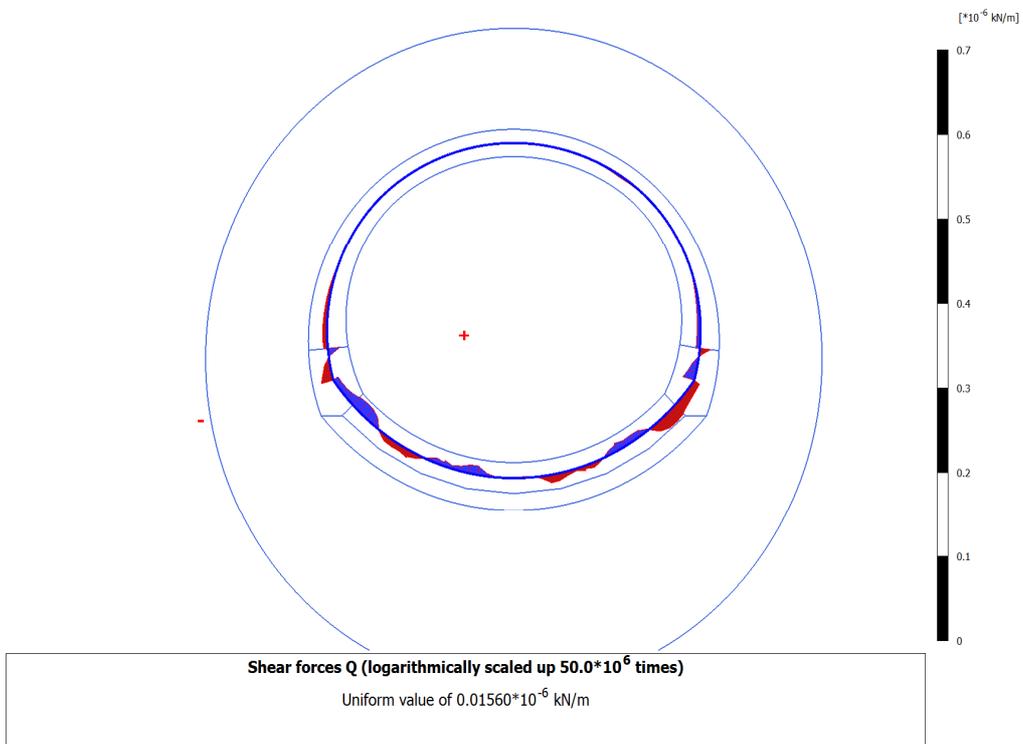


Figura 158: 4.35.8 Calculation results_Plate_TIME_08 (8_27)_ Shear forces Q.png

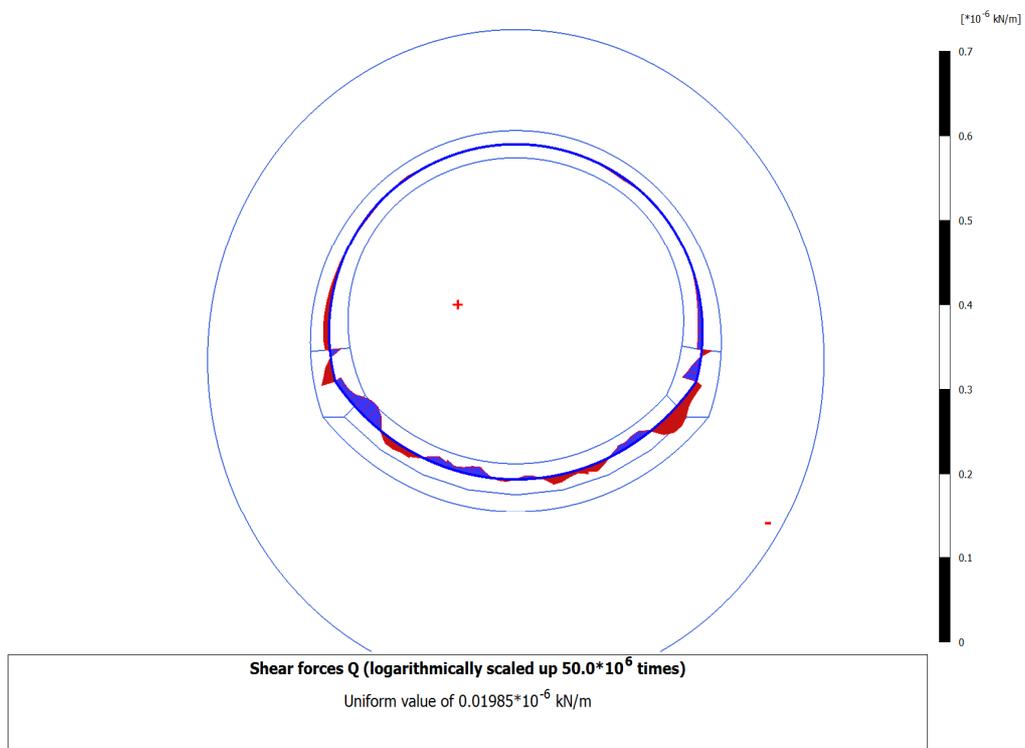


Figura 159: 4.35.9 Calculation results_Plate_TIME_09 (10_10)_ Shear forces Q.png

16.2. Pozzo di areazione

16.2.1. *Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di diagnosi*

```

#####              CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####              CONVERGENZA-CONFINAMENTO
#####              SOLUTORE ANALITICO
#####
###
###      #####  ##  ##  ##
###      #####  ##  ##  ##
###      #####  ##  ##  ##
#####      ##  ##  ##  ##
#####      #####  #####
#####              VERSIONE 4 (2003)
#####              ##
#####              ##

```

B'-GR2 H=390m

Fase di Diagnosi

```

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOCCIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Nz)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

```

DATI ANALISI

```

R galleria [m] ..... 3.00000

PARAMETRI GEOTECNICI .....
Tensione originaria [MPa] ..... 10.53000
Modulo di Young [MPa] ..... 3000.00000
Coefficiente di Poisson ..... .30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .. .00000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa] ..... 1.37400
Angolo attrito picco [°] ..... 35.00000
Coesione residua [MPa] ..... 1.37400
Angolo attrito residuo [MPa] ..... 35.00000
Angolo dilatanza [°] ..... .00000

```

RISULTATO ANALISI FRONTE DI SCAVO

```

Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] .. .000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] .... .021925
Raggio plastico galleria non sostenuta [m] ..... 4.348567
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] ..... .000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] ..... .009119
Spostamento radiale fronte (correl. Nz) [m] ..... .003571
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ... .006358
Raggio plastico fronte sferico [m] ..... 3.496323

```

RISULTATO ANALISI GALLERIA

```

Pressione fine calcolo [MPa] ..... .000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] ..... .021925
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 4.348567

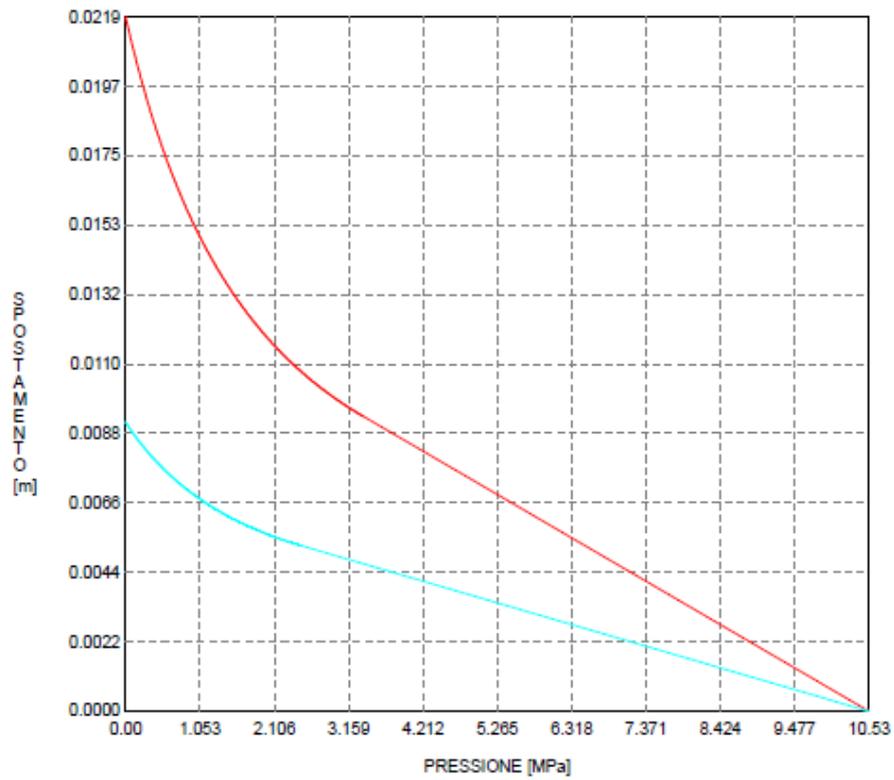
```

B'-GR2_H=390m

Fase di Diagnosi

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

GALLERIA
FRONTE SFERICO



16.2.2. Analisi con il metodo delle curve caratteristiche in fase di terapia

```

*****
*****
#####          CALCOLO GALLERIE CON METODO
#####          CONVERGENZA-CONFINAMENTO
#####          SOLUTORE ANALITICO
#####
#####
#####
#####
#####
#####          VERSIONE 4 (2003)
#####
#####

```

B'-GR2_H=390m

Fase di Terapia

```

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

```

DATI ANALISI

R galleria [m]	3.00000
PARAMETRI GEOTECNICI	
Tensione originaria [MPa]	10.53000
Modulo di Young [MPa]	3000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa]	1.37400
Angolo attrito picco [°]	35.00000
Coesione residua [MPa]	1.37400
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
Angolo dilatanza [°] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	1.00000
Coefficiente riduzione rigidezza	1.00000
Forma del presivestimento	CIRCOLARE CHIUSO
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.10000
Modulo Young spritz [MPa]	20000.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.20000
Sezione centina [m2] .....	.00000
Altezza sezione centina [m2] .....	.00000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.00000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.000000000
Passo centine [m] .....	.00000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	30.00000
Resistenza ferro centine [MPa] .....	.00000

RISULTATO ANALISI FRONTE DI SCAVO

Press. fine calcolo galleria non sostenuta [MPa] ..	.000000
Spostamento radiale galleria non sostenuta [m] ....	.021925
Raggio plastico galleria non sostenuta [m]	4.348567
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.009119
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.003571
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.006358
Raggio plastico fronte sferico [m]	3.496323

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO

Metodo Panet-Guenot

U [m] :	.01410
LAMBDA :	.87998

Trasformazione Omotetica

U [m] :	.01671
LAMBDA :	.93322

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione cavità sferica

U [m] : .01501
 LAMBDA : .90069

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Nm
 U [m] : .01229
 LAMBDA : .82719

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica
 U [m] : .01363
 LAMBDA : .86749

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

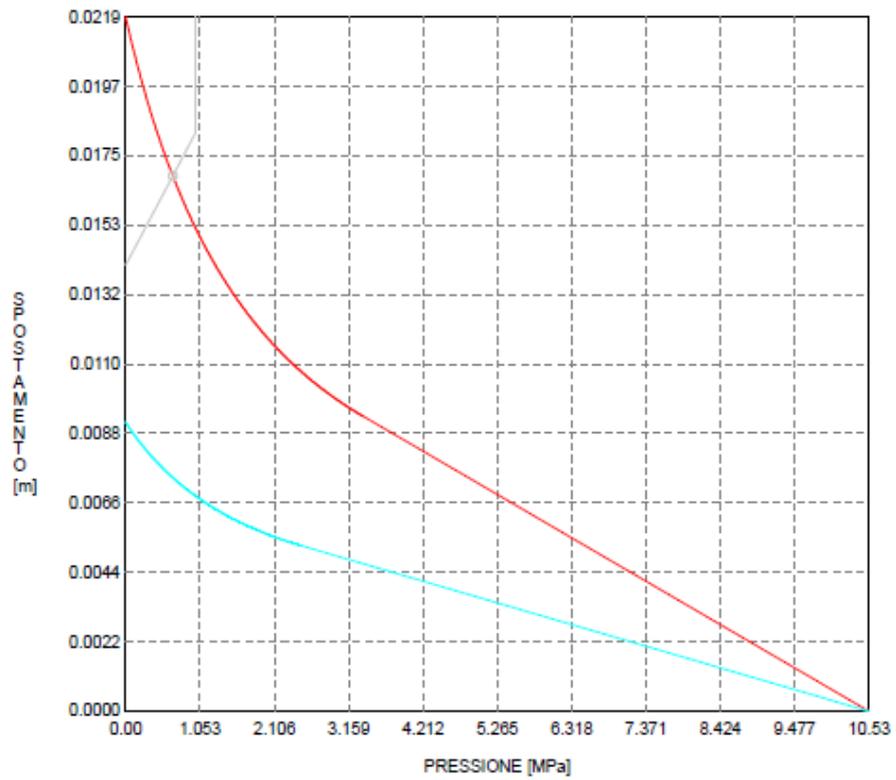
Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.021925
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	4.348567
PRERIVESTIMENTO -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]	3.90010
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.66754
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.01691
Spostamento alla messa in opera [m] .....	.01410
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00281
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.879584
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	20.36557
Tensione centine [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza spritz	1.47307
Coefficiente di sicurezza centine	1000.00000
Pressione rottura spritz [MPa] .....	.98333
Pressione rottura centine [MPa] .....	.00000
Rigidzza spritz [MPa]	712.04441
Rigidzza centinatura [MPa] .....	.00000

B'-GR2_H=390m

Fase di Terapia

CURVE CARATTERISTICHE ANALISI BASE

PRERIVESTIMENTO
GALLERIA
FRONTE SFERICO



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5105ECVROGN2R00002A
	Foglio 215 di 217

16.2.3. *Analisi numerica bidimensionale FDM*

Dati di input: parametri fisico-meccanici dei gruppi

```

;
;---- modello rivestimento 0.5 gg
group 'RIVESTIMENTO_0.5gg' notnull
model elastic notnull group 'RIVESTIMENTO_0.5gg'
prop density=2.5 bulk=2630774.36 shear=1973080.77 notnull group 'RIVESTIMENTO_0.5gg'
;
;---- modello rivestimento 2 gg
group 'RIVESTIMENTO_2gg' notnull
model elastic notnull group 'RIVESTIMENTO_2gg'
prop density=2.5 bulk=7892909.4 shear=5919682.05 notnull group 'RIVESTIMENTO_2gg'
;
;---- modello rivestimento 5 gg
group 'RIVESTIMENTO_5gg' notnull
model elastic notnull group 'RIVESTIMENTO_5gg'
prop density=2.5 bulk=12188105.16 shear=9141078.87 notnull group 'RIVESTIMENTO_5gg'
;
;---- modello rivestimento 28 gg
group 'RIVESTIMENTO_28gg' notnull
model elastic notnull group 'RIVESTIMENTO_28gg'
prop density=2.5 bulk=13888780.41 shear=10416585.3 notnull group 'RIVESTIMENTO_28gg'
;
;---- modello ammasso
group 'AMMASSO' notnull
model ss notnull group 'AMMASSO'
prop density=2.7 bulk=2500000 shear=1153846 cohesion=1374 friction=40.74 dilation=0 tension=0 ftab=503
ctab=504 notnull group 'AMMASSO'
table 503 0,40.74 0.01,40.74 0.03,38
table 504 0,1374 0.01,1374 0.03,1233

```

**Dati di input: condizioni al contorno**

```

;
; vincoli di spostamento sul contorno
fix x i=1
unmark
mark i=1,29 j=161
mark i=30,44 j=93
mark i=45,57 j=47
mark i=58,68 j=24
fix y mark
; vincoli di forze sul contorno
apply press 10530 i=1,24 j=162
apply press 10530 i=68 j=1,24
apply press 10530 i=24 j=162,185
ini sxx=-10530
ini syy=-10530
ini szz=-10530
;
solve
;
save vincoli.sav
.****
,
.****
,
.****
,

```

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5105ECVROGN2R00002A	Foglio 217 di 217

16.1. Listato verifiche strutturali

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME 03 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 0.5 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK					
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% estra	% intra
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2										
Plate 5-18	3844	1	0.2	-510.328	-0.086	0.565	12.00	12.00	-1.6	-83.3	-86.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	45.6	43.8
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	3845	2	0.2	-503.591	3.439	0.980	12.00	12.00	-1.6	-80.9	-86.7	2.9	OK	OK	OK	OK	45.6	42.6
	3846	3	0.2	-495.522	6.511	2.298	12.00	12.00	-1.7	-75.7	-89.2	5.4	OK	OK	OK	OK	47.0	39.9
	3847	4	0.2	-486.148	8.068	4.174	12.00	12.00	-1.8	-68.6	-93.2	6.7	OK	OK	OK	OK	49.1	36.1
	3843	5	0.2	-475.494	7.046	6.181	12.00	12.00	-1.9	-61.0	-97.3	5.9	OK	OK	OK	OK	51.2	32.1
Plate 6-19	3843	1	0.2	-474.676	30.139	6.181	12.00	12.00	-1.9	-60.8	-97.2	25.1	OK	OK	OK	OK	51.2	32.0
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	3829	2	0.2	-471.238	17.818	8.182	12.00	12.00	-2.0	-54.4	-102.5	14.8	OK	OK	OK	OK	54.0	28.6
	3830	3	0.2	-467.587	6.444	9.185	12.00	12.00	-2.1	-50.8	-104.9	5.4	OK	OK	OK	OK	55.2	26.7
	3831	4	0.2	-463.699	-3.589	9.298	12.00	12.00	-2.1	-49.8	-104.5	-3.0	OK	OK	OK	OK	55.0	26.2
	3832	5	0.2	-459.547	-11.889	8.636	12.00	12.00	-2.0	-51.1	-101.9	-9.9	OK	OK	OK	OK	53.6	26.9
Plate 6-20	3832	1	0.2	-459.803	-10.970	8.636	12.00	12.00	-2.0	-51.1	-101.9	-9.1	OK	OK	OK	OK	53.7	26.9
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	3806	2	0.2	-455.119	-16.938	7.478	12.00	12.00	-1.9	-53.7	-97.8	-14.1	OK	OK	OK	OK	51.5	28.3
	3807	3	0.2	-450.808	-24.545	5.758	12.00	12.00	-1.8	-58.1	-92.0	-20.5	OK	OK	OK	OK	48.4	30.6
	3808	4	0.2	-447.127	-34.060	3.319	12.00	12.00	-1.6	-64.7	-84.2	-28.4	OK	OK	OK	OK	44.3	34.0
	4895	5	0.2	-444.336	-45.747	0.000	12.00	12.00	-1.3	-74.0	-74.0	-38.1	OK	OK	OK	OK	38.9	38.9
Plate 3-6	524	1	0.2	-568.581	-8.946	-0.882	12.00	12.00	-1.8	-97.2	-92.0	-7.5	OK	OK	OK	OK	48.4	51.2
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	527	2	0.2	-576.545	-2.278	-2.160	12.00	12.00	-1.9	-102.3	-89.6	-1.9	OK	OK	OK	OK	47.2	53.9
	526	3	0.2	-584.059	1.201	-2.256	12.00	12.00	-1.9	-103.9	-90.6	1.0	OK	OK	OK	OK	47.7	54.7
	525	4	0.2	-591.603	2.337	-1.768	12.00	12.00	-1.9	-103.7	-93.3	1.9	OK	OK	OK	OK	49.1	54.6
	662	5	0.2	-599.657	1.975	-1.232	12.00	12.00	-1.9	-103.4	-96.2	1.6	OK	OK	OK	OK	50.6	54.4
Plate 3-7	662	1	0.2	-599.402	2.457	-1.232	12.00	12.00	-1.9	-103.4	-96.1	2.0	OK	OK	OK	OK	50.6	54.4
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	663	2	0.2	-607.413	1.516	-0.735	12.00	12.00	-1.9	-103.3	-98.9	1.3	OK	OK	OK	OK	52.1	54.3
	664	3	0.2	-615.446	0.318	-0.524	12.00	12.00	-1.9	-104.0	-100.9	0.3	OK	OK	OK	OK	53.1	54.7
	665	4	0.2	-623.526	-0.659	-0.563	12.00	12.00	-1.9	-105.4	-102.1	-0.5	OK	OK	OK	OK	53.8	55.5
	1262	5	0.2	-631.677	-0.937	-0.780	12.00	12.00	-2.0	-107.4	-102.8	-0.8	OK	OK	OK	OK	54.1	56.5
Plate 3-8	1262	1	0.2	-631.577	-0.966	-0.780	12.00	12.00	-2.0	-107.4	-102.8	-0.8	OK	OK	OK	OK	54.1	56.5
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	1263	2	0.2	-639.553	0.582	-0.789	12.00	12.00	-2.0	-108.8	-104.1	0.5	OK	OK	OK	OK	54.8	57.2
	1264	3	0.2	-646.869	0.777	-0.615	12.00	12.00	-2.0	-109.5	-105.9	0.6	OK	OK	OK	OK	55.7	57.6
	1265	4	0.2	-653.720	0.128	-0.481	12.00	12.00	-2.0	-110.2	-107.4	0.1	OK	OK	OK	OK	56.5	58.0
	1964	5	0.2	-660.299	-0.857	-0.572	12.00	12.00	-2.0	-111.6	-108.2	-0.7	OK	OK	OK	OK	57.0	58.7
Plate 3-9	1964	1	0.2	-660.160	-0.363	-0.572	12.00	12.00	-2.0	-111.6	-108.2	-0.3	OK	OK	OK	OK	56.9	58.7
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	1965	2	0.2	-665.820	-0.324	-0.646	12.00	12.00	-2.0	-112.7	-108.9	-0.3	OK	OK	OK	OK	57.3	59.3
	1966	3	0.2	-670.617	-0.414	-0.745	12.00	12.00	-2.1	-113.8	-109.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	57.6	59.9
	1967	4	0.2	-674.599	-0.288	-0.829	12.00	12.00	-2.1	-114.7	-109.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	57.8	60.4
	2680	5	0.2	-677.815	0.394	-0.835	12.00	12.00	-2.1	-115.3	-110.4	0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.7
Plate 3-10	2680	1	0.2	-677.755	-0.683	-0.835	12.00	12.00	-2.1	-115.3	-110.4	-0.6	OK	OK	OK	OK	58.1	60.7
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	2681	2	0.2	-680.958	0.182	-0.872	12.00	12.00	-2.1	-115.9	-110.8	0.2	OK	OK	OK	OK	58.3	61.0
	2682	3	0.2	-683.252	0.270	-0.815	12.00	12.00	-2.1	-116.1	-111.3	0.2	OK	OK	OK	OK	58.6	61.1
	2683	4	0.2	-684.675	-0.036	-0.773	12.00	12.00	-2.1	-116.2	-111.7	0.0	OK	OK	OK	OK	58.8	61.2
	2986	5	0.2	-685.267	-0.353	-0.828	12.00	12.00	-2.1	-116.5	-111.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	58.7	61.3
Plate 4-11	2986	1	0.2	-685.267	0.354	-0.828	12.00	12.00	-2.1	-116.5	-111.6	0.3	OK	OK	OK	OK	58.7	61.3
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	2987	2	0.2	-684.675	0.036	-0.773	12.00	12.00	-2.1	-116.2	-111.7	0.0	OK	OK	OK	OK	58.8	61.2
	2988	3	0.2	-683.251	-0.270	-0.815	12.00	12.00	-2.1	-116.1	-111.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.6	61.1
	2989	4	0.2	-680.956	-0.182	-0.872	12.00	12.00	-2.1	-115.9	-110.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.3	61.0
	3232	5	0.2	-677.753	0.683	-0.835	12.00	12.00	-2.1	-115.3	-110.4	0.6	OK	OK	OK	OK	58.1	60.7
Plate 4-12	3232	1	0.2	-677.812	-0.394	-0.835	12.00	12.00	-2.1	-115.3	-110.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.7

(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	3233	2	0.2	-674.596	0.288	-0.829	12.00	12.00	-2.1	-114.7	-109.8	0.2	OK	OK	OK	OK	57.8	60.4
	3234	3	0.2	-670.614	0.413	-0.745	12.00	12.00	-2.1	-113.8	-109.4	0.3	OK	OK	OK	OK	57.6	59.9
	3235	4	0.2	-665.817	0.324	-0.646	12.00	12.00	-2.0	-112.7	-108.9	0.3	OK	OK	OK	OK	57.3	59.3
	3526	5	0.2	-660.156	0.363	-0.572	12.00	12.00	-2.0	-111.6	-108.2	0.3	OK	OK	OK	OK	56.9	58.7
Plate 4-13	3526	1	0.2	-660.295	0.857	-0.572	12.00	12.00	-2.0	-111.6	-108.2	0.7	OK	OK	OK	OK	57.0	58.7
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	3527	2	0.2	-653.715	-0.128	-0.481	12.00	12.00	-2.0	-110.2	-107.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	56.5	58.0
	3528	3	0.2	-646.864	-0.777	-0.615	12.00	12.00	-2.0	-109.5	-105.9	-0.6	OK	OK	OK	OK	55.7	57.6
	3529	4	0.2	-639.547	-0.581	-0.789	12.00	12.00	-2.0	-108.8	-104.1	-0.5	OK	OK	OK	OK	54.8	57.2
	4100	5	0.2	-631.571	0.966	-0.780	12.00	12.00	-2.0	-107.4	-102.8	0.8	OK	OK	OK	OK	54.1	56.5
Plate 4-14	4100	1	0.2	-631.671	0.937	-0.780	12.00	12.00	-2.0	-107.4	-102.8	0.8	OK	OK	OK	OK	54.1	56.5
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	4101	2	0.2	-623.520	0.659	-0.563	12.00	12.00	-1.9	-105.4	-102.1	0.5	OK	OK	OK	OK	53.8	55.5
	4102	3	0.2	-615.440	-0.318	-0.524	12.00	12.00	-1.9	-104.0	-100.9	-0.3	OK	OK	OK	OK	53.1	54.7
	4103	4	0.2	-607.406	-1.516	-0.735	12.00	12.00	-1.9	-103.3	-98.9	-1.3	OK	OK	OK	OK	52.1	54.3
	4115	5	0.2	-599.395	-2.457	-1.232	12.00	12.00	-1.9	-103.4	-96.1	-2.0	OK	OK	OK	OK	50.6	54.4
Plate 4-15	4115	1	0.2	-599.650	-1.976	-1.232	12.00	12.00	-1.9	-103.4	-96.2	-1.6	OK	OK	OK	OK	50.6	54.4
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	4116	2	0.2	-591.596	-2.337	-1.768	12.00	12.00	-1.9	-103.7	-93.3	-1.9	OK	OK	OK	OK	49.1	54.6
	4117	3	0.2	-584.053	-1.201	-2.256	12.00	12.00	-1.9	-103.9	-90.6	-1.0	OK	OK	OK	OK	47.7	54.7
	4118	4	0.2	-576.539	2.278	-2.160	12.00	12.00	-1.9	-102.3	-89.6	1.9	OK	OK	OK	OK	47.2	53.9
	4114	5	0.2	-568.575	8.946	-0.882	12.00	12.00	-1.8	-97.2	-92.0	7.5	OK	OK	OK	OK	48.4	51.2
Plate 2-3	356	1	0.2	-475.464	-7.046	6.180	12.00	12.00	-1.9	-61.0	-97.3	-5.9	OK	OK	OK	OK	51.2	32.1
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	159	2	0.2	-486.124	-8.067	4.173	12.00	12.00	-1.8	-68.6	-93.2	-6.7	OK	OK	OK	OK	49.1	36.1
	158	3	0.2	-495.504	-6.510	2.297	12.00	12.00	-1.7	-75.7	-89.2	-5.4	OK	OK	OK	OK	47.0	39.8
	157	4	0.2	-503.578	-3.438	0.980	12.00	12.00	-1.6	-80.9	-86.7	-2.9	OK	OK	OK	OK	45.6	42.6
	163	5	0.2	-510.318	0.086	0.565	12.00	12.00	-1.6	-83.3	-86.6	0.1	OK	OK	OK	OK	45.6	43.8
Plate 2-4	163	1	0.2	-510.694	-1.366	0.565	12.00	12.00	-1.6	-83.3	-86.7	-1.1	OK	OK	OK	OK	45.6	43.9
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	15	2	0.2	-517.457	-1.120	0.254	12.00	12.00	-1.6	-85.4	-86.9	-0.9	OK	OK	OK	OK	45.7	44.9
	14	3	0.2	-524.522	-0.855	-0.010	12.00	12.00	-1.6	-87.3	-87.3	-0.7	OK	OK	OK	OK	45.9	46.0
	13	4	0.2	-531.865	-0.263	-0.155	12.00	12.00	-1.6	-89.0	-88.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	46.4	46.8
	90	5	0.2	-539.463	0.963	-0.086	12.00	12.00	-1.6	-90.0	-89.5	0.8	OK	OK	OK	OK	47.1	47.4
Plate 2-5	90	1	0.2	-539.339	0.307	-0.086	12.00	12.00	-1.6	-90.0	-89.5	0.3	OK	OK	OK	OK	47.1	47.4
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	89	2	0.2	-546.351	1.586	0.184	12.00	12.00	-1.7	-90.4	-91.5	1.3	OK	OK	OK	OK	48.1	47.6
	88	3	0.2	-553.365	0.917	0.567	12.00	12.00	-1.7	-90.4	-93.8	0.8	OK	OK	OK	OK	49.4	47.6
	87	4	0.2	-560.700	-2.297	0.436	12.00	12.00	-1.7	-92.0	-94.6	-1.9	OK	OK	OK	OK	49.8	48.4
	524	5	0.2	-568.679	-8.652	-0.882	12.00	12.00	-1.8	-97.2	-92.1	-7.2	OK	OK	OK	OK	48.5	51.2
Plate 1-1	1220	1	0.2	-444.291	45.738	0.000	12.00	12.00	-1.3	-74.0	-74.0	38.1	OK	OK	OK	OK	38.9	38.9
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	703	2	0.2	-447.083	34.052	3.319	12.00	12.00	-1.6	-64.6	-84.2	28.4	OK	OK	OK	OK	44.3	34.0
	704	3	0.2	-450.765	24.541	5.757	12.00	12.00	-1.8	-58.1	-92.0	20.5	OK	OK	OK	OK	48.4	30.6
	705	4	0.2	-455.078	16.936	7.477	12.00	12.00	-1.9	-53.7	-97.8	14.1	OK	OK	OK	OK	51.4	28.3
	702	5	0.2	-459.764	10.970	8.634	12.00	12.00	-2.0	-51.1	-101.9	9.1	OK	OK	OK	OK	53.7	26.9
Plate 1-2	702	1	0.2	-459.509	11.890	8.634	12.00	12.00	-2.0	-51.1	-101.9	9.9	OK	OK	OK	OK	53.6	26.9
(HEA160_1.2m_SB20_0.5)	359	2	0.2	-463.662	3.591	9.296	12.00	12.00	-2.1	-49.8	-104.5	3.0	OK	OK	OK	OK	55.0	26.2
	358	3	0.2	-467.552	-6.441	9.184	12.00	12.00	-2.1	-50.8	-104.9	-5.4	OK	OK	OK	OK	55.2	26.7
	357	4	0.2	-471.205	-17.815	8.181	12.00	12.00	-2.0	-54.4	-102.5	-14.8	OK	OK	OK	OK	54.0	28.6
	356	5	0.2	-474.647	-30.137	6.180	12.00	12.00	-1.9	-60.8	-97.2	-25.1	OK	OK	OK	OK	51.2	32.0

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME 04 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 3.0 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK					
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% extra	% intra
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2										
Plate 5-18	3844	1	0.2	-1248.321	-0.482	4.340	12.00	12.00	-5.8	-72.4	-83.2	-0.4	OK	OK	OK	OK	43.8	38.1
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	3845	2	0.2	-1226.258	8.622	5.432	12.00	12.00	-5.9	-69.7	-83.2	7.2	OK	OK	OK	OK	43.8	36.7
	3846	3	0.2	-1200.997	12.943	8.331	12.00	12.00	-6.1	-64.5	-85.2	10.8	OK	OK	OK	OK	44.8	34.0
	3847	4	0.2	-1172.959	10.546	11.408	12.00	12.00	-6.3	-59.0	-87.2	8.8	OK	OK	OK	OK	45.9	31.0
	3843	5	0.2	-1142.570	-0.504	12.892	12.00	12.00	-6.4	-55.3	-87.2	-0.4	OK	OK	OK	OK	45.9	29.1
Plate 6-19	3843	1	0.2	-1141.230	56.485	12.866	12.00	12.00	-6.4	-55.2	-87.1	47.1	OK	OK	OK	OK	45.8	29.1
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	3829	2	0.2	-1131.282	28.923	16.389	12.00	12.00	-6.7	-50.2	-90.8	24.1	OK	OK	OK	OK	47.8	26.4
	3830	3	0.2	-1120.991	5.470	17.775	12.00	12.00	-6.9	-47.9	-91.9	4.6	OK	OK	OK	OK	48.4	25.2
	3831	4	0.2	-1110.305	-13.418	17.411	12.00	12.00	-6.8	-47.6	-90.8	-11.2	OK	OK	OK	OK	47.8	25.1
	3832	5	0.2	-1099.175	-27.283	15.677	12.00	12.00	-6.5	-49.1	-87.9	-22.7	OK	OK	OK	OK	46.3	25.8
Plate 6-20	3832	1	0.2	-1099.838	-27.784	15.688	12.00	12.00	-6.5	-49.1	-88.0	-23.2	OK	OK	OK	OK	46.3	25.9
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	3806	2	0.2	-1087.534	-34.942	13.084	12.00	12.00	-6.2	-51.6	-84.0	-29.1	OK	OK	OK	OK	44.2	27.1
	3807	3	0.2	-1077.095	-44.431	9.836	12.00	12.00	-5.7	-55.0	-79.3	-37.0	OK	OK	OK	OK	41.7	28.9
	3808	4	0.2	-1068.998	-58.307	5.604	12.00	12.00	-5.2	-59.7	-73.6	-48.6	OK	OK	OK	OK	38.7	31.4
	4895	5	0.2	-1063.722	-78.628	-0.021	12.00	12.00	-4.5	-66.3	-66.3	-65.5	OK	OK	OK	OK	34.9	34.9
Plate 3-6	524	1	0.2	-1383.330	-27.314	-3.717	12.00	12.00	-6.3	-90.8	-81.6	-22.8	OK	OK	OK	OK	43.0	47.8
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	527	2	0.2	-1394.378	-8.641	-7.903	12.00	12.00	-6.9	-96.7	-77.1	-7.2	OK	OK	OK	OK	40.6	50.9
	526	3	0.2	-1404.108	2.929	-8.480	12.00	12.00	-7.0	-98.0	-77.0	2.4	OK	OK	OK	OK	40.5	51.6
	525	4	0.2	-1413.774	8.226	-6.999	12.00	12.00	-6.8	-96.8	-79.5	6.9	OK	OK	OK	OK	41.8	50.9
	662	5	0.2	-1424.632	8.079	-4.933	12.00	12.00	-6.6	-94.9	-82.7	6.7	OK	OK	OK	OK	43.5	49.9
Plate 3-7	662	1	0.2	-1424.276	9.210	-4.940	12.00	12.00	-6.6	-94.9	-82.7	7.7	OK	OK	OK	OK	43.5	49.9
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	663	2	0.2	-1435.813	5.461	-3.171	12.00	12.00	-6.5	-93.4	-85.6	4.6	OK	OK	OK	OK	45.0	49.2
	664	3	0.2	-1448.501	2.537	-2.242	12.00	12.00	-6.4	-93.1	-87.5	2.1	OK	OK	OK	OK	46.1	49.0
	665	4	0.2	-1462.226	0.991	-1.834	12.00	12.00	-6.4	-93.4	-88.9	0.8	OK	OK	OK	OK	46.8	49.2
	1262	5	0.2	-1476.874	1.374	-1.594	12.00	12.00	-6.5	-94.0	-90.1	1.1	OK	OK	OK	OK	47.4	49.5
Plate 3-8	1262	1	0.2	-1476.524	-2.148	-1.592	12.00	12.00	-6.5	-94.0	-90.1	-1.8	OK	OK	OK	OK	47.4	49.5
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	1263	2	0.2	-1492.104	1.638	-1.587	12.00	12.00	-6.5	-95.0	-91.0	1.4	OK	OK	OK	OK	47.9	50.0
	1264	3	0.2	-1506.730	2.562	-1.037	12.00	12.00	-6.5	-95.2	-92.6	2.1	OK	OK	OK	OK	48.7	50.1
	1265	4	0.2	-1520.853	1.012	-0.552	12.00	12.00	-6.5	-95.5	-94.1	0.8	OK	OK	OK	OK	49.5	50.2
	1964	5	0.2	-1534.923	-2.628	-0.712	12.00	12.00	-6.6	-96.5	-94.8	-2.2	OK	OK	OK	OK	49.9	50.8
Plate 3-9	1964	1	0.2	-1534.605	-1.808	-0.710	12.00	12.00	-6.6	-96.5	-94.8	-1.5	OK	OK	OK	OK	49.9	50.8
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	1965	2	0.2	-1546.480	-3.034	-1.328	12.00	12.00	-6.7	-98.0	-94.7	-2.5	OK	OK	OK	OK	49.9	51.6
	1966	3	0.2	-1556.724	-2.765	-2.059	12.00	12.00	-6.9	-99.6	-94.5	-2.3	OK	OK	OK	OK	49.7	52.4
	1967	4	0.2	-1565.271	-1.019	-2.545	12.00	12.00	-7.0	-100.7	-94.4	-0.8	OK	OK	OK	OK	49.7	53.0
	2680	5	0.2	-1572.054	2.184	-2.433	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-95.0	1.8	OK	OK	OK	OK	50.0	53.2
Plate 3-10	2680	1	0.2	-1571.972	-0.821	-2.433	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-95.0	-0.7	OK	OK	OK	OK	50.0	53.2
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	2681	2	0.2	-1578.310	0.994	-2.377	12.00	12.00	-7.0	-101.3	-95.4	0.8	OK	OK	OK	OK	50.2	53.3
	2682	3	0.2	-1582.917	1.446	-2.067	12.00	12.00	-7.0	-101.2	-96.1	1.2	OK	OK	OK	OK	50.6	53.3
	2683	4	0.2	-1585.899	0.897	-1.759	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-96.7	0.7	OK	OK	OK	OK	50.9	53.2
	2986	5	0.2	-1587.365	-0.293	-1.679	12.00	12.00	-6.9	-101.0	-96.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	51.0	53.2
Plate 4-11	2986	1	0.2	-1587.365	0.294	-1.679	12.00	12.00	-6.9	-101.0	-96.9	0.2	OK	OK	OK	OK	51.0	53.2
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	2987	2	0.2	-1585.894	-0.897	-1.759	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-96.7	-0.7	OK	OK	OK	OK	50.9	53.2
	2988	3	0.2	-1582.907	-1.446	-2.067	12.00	12.00	-7.0	-101.2	-96.1	-1.2	OK	OK	OK	OK	50.6	53.3
	2989	4	0.2	-1578.296	-0.994	-2.376	12.00	12.00	-7.0	-101.3	-95.4	-0.8	OK	OK	OK	OK	50.2	53.3
	3232	5	0.2	-1571.953	0.821	-2.433	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-95.0	0.7	OK	OK	OK	OK	50.0	53.2
Plate 4-12	3232	1	0.2	-1572.035	-2.183	-2.433	12.00	12.00	-7.0	-101.0	-95.0	-1.8	OK	OK	OK	OK	50.0	53.2

(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	3233	2	0.2	-1565.247	1.019	-2.545	12.00	12.00	-7.0	-100.7	-94.4	0.8	OK	OK	OK	OK	49.7	53.0
	3234	3	0.2	-1556.696	2.764	-2.058	12.00	12.00	-6.9	-99.6	-94.5	2.3	OK	OK	OK	OK	49.7	52.4
	3235	4	0.2	-1546.446	3.033	-1.328	12.00	12.00	-6.7	-98.0	-94.7	2.5	OK	OK	OK	OK	49.9	51.6
	3526	5	0.2	-1534.566	1.808	-0.711	12.00	12.00	-6.6	-96.5	-94.8	1.5	OK	OK	OK	OK	49.9	50.8
Plate 4-13	3526	1	0.2	-1534.884	2.627	-0.712	12.00	12.00	-6.6	-96.5	-94.8	2.2	OK	OK	OK	OK	49.9	50.8
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	3527	2	0.2	-1520.809	-1.011	-0.552	12.00	12.00	-6.5	-95.5	-94.1	-0.8	OK	OK	OK	OK	49.5	50.2
	3528	3	0.2	-1506.680	-2.562	-1.038	12.00	12.00	-6.5	-95.2	-92.6	-2.1	OK	OK	OK	OK	48.7	50.1
	3529	4	0.2	-1492.048	-1.638	-1.587	12.00	12.00	-6.5	-95.0	-91.0	-1.4	OK	OK	OK	OK	47.9	50.0
	4100	5	0.2	-1476.463	2.147	-1.592	12.00	12.00	-6.5	-94.0	-90.1	1.8	OK	OK	OK	OK	47.4	49.5
Plate 4-14	4100	1	0.2	-1476.813	-1.374	-1.594	12.00	12.00	-6.5	-94.0	-90.1	-1.1	OK	OK	OK	OK	47.4	49.5
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	4101	2	0.2	-1462.158	-0.990	-1.834	12.00	12.00	-6.4	-93.4	-88.9	-0.8	OK	OK	OK	OK	46.8	49.2
	4102	3	0.2	-1448.427	-2.537	-2.241	12.00	12.00	-6.4	-93.0	-87.5	-2.1	OK	OK	OK	OK	46.1	49.0
	4103	4	0.2	-1435.733	-5.461	-3.171	12.00	12.00	-6.5	-93.4	-85.6	-4.6	OK	OK	OK	OK	45.0	49.2
	4115	5	0.2	-1424.188	-9.211	-4.940	12.00	12.00	-6.6	-94.9	-82.6	-7.7	OK	OK	OK	OK	43.5	49.9
Plate 4-15	4115	1	0.2	-1424.544	-8.079	-4.933	12.00	12.00	-6.6	-94.9	-82.7	-6.7	OK	OK	OK	OK	43.5	49.9
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	4116	2	0.2	-1413.680	-8.226	-6.998	12.00	12.00	-6.8	-96.8	-79.4	-6.9	OK	OK	OK	OK	41.8	50.9
	4117	3	0.2	-1404.007	-2.928	-8.480	12.00	12.00	-7.0	-98.0	-77.0	-2.4	OK	OK	OK	OK	40.5	51.6
	4118	4	0.2	-1394.271	8.642	-7.902	12.00	12.00	-6.9	-96.7	-77.1	7.2	OK	OK	OK	OK	40.6	50.9
	4114	5	0.2	-1383.215	27.313	-3.717	12.00	12.00	-6.3	-90.8	-81.6	22.8	OK	OK	OK	OK	43.0	47.8
Plate 2-3	356	1	0.2	-1142.716	0.500	12.892	12.00	12.00	-6.4	-55.3	-87.2	0.4	OK	OK	OK	OK	45.9	29.1
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	159	2	0.2	-1173.114	-10.550	11.407	12.00	12.00	-6.3	-59.0	-87.2	-8.8	OK	OK	OK	OK	45.9	31.0
	158	3	0.2	-1201.156	-12.944	8.330	12.00	12.00	-6.1	-64.6	-85.2	-10.8	OK	OK	OK	OK	44.8	34.0
	157	4	0.2	-1226.420	-8.621	5.430	12.00	12.00	-5.9	-69.7	-83.2	-7.2	OK	OK	OK	OK	43.8	36.7
	163	5	0.2	-1248.481	0.483	4.338	12.00	12.00	-5.8	-72.4	-83.2	0.4	OK	OK	OK	OK	43.8	38.1
Plate 2-4	163	1	0.2	-1249.023	-3.167	4.341	12.00	12.00	-5.8	-72.5	-83.2	-2.6	OK	OK	OK	OK	43.8	38.1
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	15	2	0.2	-1270.378	-2.871	3.586	12.00	12.00	-5.8	-74.7	-83.6	-2.4	OK	OK	OK	OK	44.0	39.3
	14	3	0.2	-1291.094	-2.595	2.874	12.00	12.00	-5.8	-76.9	-84.0	-2.2	OK	OK	OK	OK	44.2	40.5
	13	4	0.2	-1311.068	-1.792	2.314	12.00	12.00	-5.8	-78.8	-84.6	-1.5	OK	OK	OK	OK	44.5	41.5
	90	5	0.2	-1330.197	0.086	2.061	12.00	12.00	-5.9	-80.4	-85.5	0.1	OK	OK	OK	OK	45.0	42.3
Plate 2-5	90	1	0.2	-1329.741	-0.721	2.058	12.00	12.00	-5.9	-80.3	-85.4	-0.6	OK	OK	OK	OK	45.0	42.3
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	89	2	0.2	-1345.673	1.382	2.216	12.00	12.00	-6.0	-81.1	-86.6	1.2	OK	OK	OK	OK	45.6	42.7
	88	3	0.2	-1359.352	-1.493	2.349	12.00	12.00	-6.1	-81.8	-87.6	-1.2	OK	OK	OK	OK	46.1	43.1
	87	4	0.2	-1371.580	-10.653	0.915	12.00	12.00	-5.9	-84.4	-86.6	-8.9	OK	OK	OK	OK	45.6	44.4
	524	5	0.2	-1383.164	-27.407	-3.739	12.00	12.00	-6.3	-90.8	-81.6	-22.8	OK	OK	OK	OK	42.9	47.8
Plate 1-1	1220	1	0.2	-1063.842	78.612	-0.021	12.00	12.00	-4.5	-66.3	-66.3	65.5	OK	OK	OK	OK	34.9	34.9
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	703	2	0.2	-1069.119	58.307	5.604	12.00	12.00	-5.2	-59.7	-73.6	48.6	OK	OK	OK	OK	38.7	31.4
	704	3	0.2	-1077.218	44.438	9.836	12.00	12.00	-5.7	-55.0	-79.3	37.0	OK	OK	OK	OK	41.7	28.9
	705	4	0.2	-1087.661	34.950	13.084	12.00	12.00	-6.2	-51.6	-84.0	29.1	OK	OK	OK	OK	44.2	27.2
	702	5	0.2	-1099.970	27.787	15.689	12.00	12.00	-6.5	-49.1	-88.0	23.2	OK	OK	OK	OK	46.3	25.9
Plate 1-2	702	1	0.2	-1099.306	27.287	15.678	12.00	12.00	-6.5	-49.1	-87.9	22.7	OK	OK	OK	OK	46.3	25.8
(HEA160_1.2m_SB20_3gg)	359	2	0.2	-1110.440	13.419	17.412	12.00	12.00	-6.8	-47.7	-90.8	11.2	OK	OK	OK	OK	47.8	25.1
	358	3	0.2	-1121.130	-5.471	17.776	12.00	12.00	-6.9	-47.9	-91.9	-4.6	OK	OK	OK	OK	48.4	25.2
	357	4	0.2	-1131.425	-28.928	16.390	12.00	12.00	-6.7	-50.2	-90.8	-24.1	OK	OK	OK	OK	47.8	26.4
	356	5	0.2	-1141.376	-56.495	12.866	12.00	12.00	-6.4	-55.2	-87.1	-47.1	OK	OK	OK	OK	45.8	29.1

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME 05 - B0 - SEZIONE TIPO RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 28.0 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK						
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% extra	% intra	
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2											
Plate 5-18	3844	1	0.2	-1836.213	-0.998	9.104	12.00	12.00	-9.3	-77.0	-94.2	-0.8	OK	OK	OK	OK	49.6	40.5	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3845	2	0.2	-1802.131	11.179	10.509	12.00	12.00	-9.3	-74.1	-93.9	9.3	OK	OK	OK	OK	49.4	39.0	
	3846	3	0.2	-1763.744	15.788	14.183	12.00	12.00	-9.6	-68.9	-95.6	13.2	OK	OK	OK	OK	50.3	36.2	
	3847	4	0.2	-1721.720	10.454	17.688	12.00	12.00	-9.9	-63.6	-97.0	8.7	OK	OK	OK	OK	51.0	33.5	
	3843	5	0.2	-1676.727	-7.200	18.408	12.00	12.00	-9.8	-60.8	-95.6	-6.0	OK	OK	OK	OK	50.3	32.0	
Plate 6-19	3843	1	0.2	-1674.981	77.040	18.396	12.00	12.00	-9.8	-60.7	-95.5	64.2	OK	OK	OK	OK	50.2	32.0	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3829	2	0.2	-1660.284	38.990	23.194	12.00	12.00	-10.3	-55.5	-99.3	32.5	OK	OK	OK	OK	52.3	29.2	
	3830	3	0.2	-1645.159	7.183	25.067	12.00	12.00	-10.5	-53.0	-100.4	6.0	OK	OK	OK	OK	52.8	27.9	
	3831	4	0.2	-1629.521	-18.026	24.570	12.00	12.00	-10.3	-52.8	-99.2	-15.0	OK	OK	OK	OK	52.2	27.8	
	3832	5	0.2	-1613.286	-36.281	22.253	12.00	12.00	-10.0	-54.2	-96.2	-30.2	OK	OK	OK	OK	50.6	28.5	
Plate 6-20	3832	1	0.2	-1614.260	-37.137	22.260	12.00	12.00	-10.0	-54.3	-96.3	-30.9	OK	OK	OK	OK	50.7	28.6	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3806	2	0.2	-1596.363	-48.095	18.711	12.00	12.00	-9.4	-56.8	-92.1	-40.1	OK	OK	OK	OK	48.5	29.9	
	3807	3	0.2	-1581.452	-62.602	14.157	12.00	12.00	-8.8	-60.4	-87.1	-52.2	OK	OK	OK	OK	45.8	31.8	
	3808	4	0.2	-1570.160	-83.402	8.105	12.00	12.00	-8.0	-65.6	-80.9	-69.5	OK	OK	OK	OK	42.6	34.5	
	4895	5	0.2	-1563.121	-113.239	-0.011	12.00	12.00	-6.9	-72.9	-72.9	-94.4	OK	OK	OK	OK	38.4	38.4	
Plate 3-6	524	1	0.2	-2018.491	-44.867	-6.757	12.00	12.00	-9.8	-100.5	-87.7	-37.4	OK	OK	OK	OK	46.2	52.9	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	527	2	0.2	-2028.453	-15.362	-13.825	12.00	12.00	-10.7	-107.6	-81.5	-12.8	OK	OK	OK	OK	42.9	56.6	
	526	3	0.2	-2036.490	3.812	-15.043	12.00	12.00	-10.9	-109.1	-80.8	3.2	OK	OK	OK	OK	42.5	57.4	
	525	4	0.2	-2044.495	13.423	-12.756	12.00	12.00	-10.7	-107.4	-83.3	11.2	OK	OK	OK	OK	43.8	56.5	
	662	5	0.2	-2054.360	14.244	-9.243	12.00	12.00	-10.3	-104.5	-87.1	11.9	OK	OK	OK	OK	45.8	55.0	
Plate 3-7	662	1	0.2	-2053.968	15.500	-9.248	12.00	12.00	-10.3	-104.5	-87.0	12.9	OK	OK	OK	OK	45.8	55.0	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	663	2	0.2	-2065.442	9.221	-6.282	12.00	12.00	-10.0	-102.2	-90.4	7.7	OK	OK	OK	OK	47.6	53.8	
	664	3	0.2	-2079.490	4.994	-4.625	12.00	12.00	-9.8	-101.3	-92.6	4.2	OK	OK	OK	OK	48.7	53.3	
	665	4	0.2	-2095.785	3.429	-3.651	12.00	12.00	-9.8	-101.2	-94.3	2.9	OK	OK	OK	OK	49.6	53.2	
	1262	5	0.2	-2113.994	5.132	-2.689	12.00	12.00	-9.7	-101.1	-96.0	4.3	OK	OK	OK	OK	50.5	53.2	
Plate 3-8	1262	1	0.2	-2113.394	-0.511	-2.688	12.00	12.00	-9.7	-101.1	-96.0	-0.4	OK	OK	OK	OK	50.5	53.2	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	1263	2	0.2	-2133.509	4.204	-2.153	12.00	12.00	-9.7	-101.5	-97.4	3.5	OK	OK	OK	OK	51.3	53.4	
	1264	3	0.2	-2152.840	4.955	-0.976	12.00	12.00	-9.7	-101.3	-99.5	4.1	OK	OK	OK	OK	52.3	53.3	
	1265	4	0.2	-2172.003	2.034	-0.053	12.00	12.00	-9.7	-101.3	-101.2	1.7	OK	OK	OK	OK	53.3	53.3	
	1964	5	0.2	-2191.614	-4.263	-0.259	12.00	12.00	-9.8	-102.4	-101.9	-3.6	OK	OK	OK	OK	53.7	53.9	
Plate 3-9	1964	1	0.2	-2191.128	-3.938	-0.258	12.00	12.00	-9.8	-102.4	-101.9	-3.3	OK	OK	OK	OK	53.6	53.9	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	1965	2	0.2	-2207.530	-6.186	-1.560	12.00	12.00	-10.0	-104.4	-101.5	-5.2	OK	OK	OK	OK	53.4	54.9	
	1966	3	0.2	-2221.750	-5.341	-2.998	12.00	12.00	-10.2	-106.4	-100.8	-4.5	OK	OK	OK	OK	53.0	56.0	
	1967	4	0.2	-2233.616	-1.951	-3.938	12.00	12.00	-10.4	-107.9	-100.4	-1.6	OK	OK	OK	OK	52.9	56.8	
	2680	5	0.2	-2242.954	3.438	-3.789	12.00	12.00	-10.4	-108.2	-101.0	2.9	OK	OK	OK	OK	53.2	56.9	
Plate 3-10	2680	1	0.2	-2242.866	-0.838	-3.789	12.00	12.00	-10.4	-108.2	-101.0	-0.7	OK	OK	OK	OK	53.2	56.9	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	2681	2	0.2	-2251.525	1.296	-3.699	12.00	12.00	-10.5	-108.5	-101.5	1.1	OK	OK	OK	OK	53.4	57.1	
	2682	3	0.2	-2257.947	2.003	-3.280	12.00	12.00	-10.4	-108.4	-102.2	1.7	OK	OK	OK	OK	53.8	57.0	
	2683	4	0.2	-2262.236	1.512	-2.828	12.00	12.00	-10.4	-108.1	-102.8	1.3	OK	OK	OK	OK	54.1	56.9	
	2986	5	0.2	-2264.494	0.050	-2.623	12.00	12.00	-10.4	-108.1	-103.1	0.0	OK	OK	OK	OK	54.3	56.9	
Plate 4-11	2986	1	0.2	-2264.494	-0.049	-2.623	12.00	12.00	-10.4	-108.1	-103.1	0.0	OK	OK	OK	OK	54.3	56.9	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	2987	2	0.2	-2262.228	-1.511	-2.828	12.00	12.00	-10.4	-108.1	-102.8	-1.3	OK	OK	OK	OK	54.1	56.9	
	2988	3	0.2	-2257.931	-2.002	-3.280	12.00	12.00	-10.4	-108.4	-102.2	-1.7	OK	OK	OK	OK	53.8	57.0	
	2989	4	0.2	-2251.501	-1.295	-3.699	12.00	12.00	-10.5	-108.5	-101.5	-1.1	OK	OK	OK	OK	53.4	57.1	
	3232	5	0.2	-2242.833	0.838	-3.789	12.00	12.00	-10.4	-108.1	-101.0	0.7	OK	OK	OK	OK	53.2	56.9	
Plate 4-12	3232	1	0.2	-2242.921	-3.437	-3.788	12.00	12.00	-10.4	-108.2	-101.0	-2.9	OK	OK	OK	OK	53.2	56.9	

(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3233	2	0.2	-2233.575	1.950	-3.938	12.00	12.00	-10.4	-107.9	-100.4	1.6	OK	OK	OK	OK	52.9	56.8
	3234	3	0.2	-2221.701	5.339	-2.998	12.00	12.00	-10.2	-106.4	-100.8	4.4	OK	OK	OK	OK	53.0	56.0
	3235	4	0.2	-2207.473	6.184	-1.561	12.00	12.00	-10.0	-104.4	-101.5	5.2	OK	OK	OK	OK	53.4	54.9
	3526	5	0.2	-2191.062	3.938	-0.258	12.00	12.00	-9.8	-102.4	-101.9	3.3	OK	OK	OK	OK	53.6	53.9
Plate 4-13	3526	1	0.2	-2191.549	4.262	-0.260	12.00	12.00	-9.8	-102.4	-101.9	3.6	OK	OK	OK	OK	53.7	53.9
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3527	2	0.2	-2171.928	-2.033	-0.054	12.00	12.00	-9.7	-101.3	-101.2	-1.7	OK	OK	OK	OK	53.3	53.3
	3528	3	0.2	-2152.756	-4.954	-0.976	12.00	12.00	-9.7	-101.3	-99.5	-4.1	OK	OK	OK	OK	52.3	53.3
	3529	4	0.2	-2133.415	-4.204	-2.153	12.00	12.00	-9.7	-101.5	-97.4	-3.5	OK	OK	OK	OK	51.3	53.4
	4100	5	0.2	-2113.290	0.510	-2.688	12.00	12.00	-9.7	-101.1	-96.0	0.4	OK	OK	OK	OK	50.5	53.2
Plate 4-14	4100	1	0.2	-2113.890	-5.133	-2.689	12.00	12.00	-9.7	-101.1	-96.0	-4.3	OK	OK	OK	OK	50.5	53.2
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	4101	2	0.2	-2095.670	-3.428	-3.651	12.00	12.00	-9.8	-101.2	-94.3	-2.9	OK	OK	OK	OK	49.6	53.2
	4102	3	0.2	-2079.364	-4.993	-4.625	12.00	12.00	-9.8	-101.3	-92.6	-4.2	OK	OK	OK	OK	48.7	53.3
	4103	4	0.2	-2065.302	-9.220	-6.281	12.00	12.00	-10.0	-102.2	-90.4	-7.7	OK	OK	OK	OK	47.6	53.8
	4115	5	0.2	-2053.817	-15.502	-9.248	12.00	12.00	-10.3	-104.5	-87.0	-12.9	OK	OK	OK	OK	45.8	55.0
Plate 4-15	4115	1	0.2	-2054.208	-14.245	-9.242	12.00	12.00	-10.3	-104.5	-87.1	-11.9	OK	OK	OK	OK	45.8	55.0
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	4116	2	0.2	-2044.332	-13.423	-12.756	12.00	12.00	-10.7	-107.4	-83.3	-11.2	OK	OK	OK	OK	43.8	56.5
	4117	3	0.2	-2036.315	-3.810	-15.043	12.00	12.00	-10.9	-109.1	-80.7	-3.2	OK	OK	OK	OK	42.5	57.4
	4118	4	0.2	-2028.264	15.363	-13.824	12.00	12.00	-10.7	-107.6	-81.5	12.8	OK	OK	OK	OK	42.9	56.6
	4114	5	0.2	-2018.286	44.867	-6.756	12.00	12.00	-9.8	-100.5	-87.7	37.4	OK	OK	OK	OK	46.2	52.9
Plate 2-3	356	1	0.2	-1677.039	7.182	18.414	12.00	12.00	-9.8	-60.8	-95.6	6.0	OK	OK	OK	OK	50.3	32.0
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	159	2	0.2	-1722.040	-10.470	17.690	12.00	12.00	-9.9	-63.6	-97.0	-8.7	OK	OK	OK	OK	51.0	33.5
	158	3	0.2	-1764.066	-15.798	14.182	12.00	12.00	-9.6	-68.9	-95.6	-13.2	OK	OK	OK	OK	50.3	36.2
	157	4	0.2	-1802.449	-11.182	10.506	12.00	12.00	-9.3	-74.1	-94.0	-9.3	OK	OK	OK	OK	49.5	39.0
	163	5	0.2	-1836.524	0.999	9.101	12.00	12.00	-9.3	-77.0	-94.2	0.8	OK	OK	OK	OK	49.6	40.5
Plate 2-4	163	1	0.2	-1837.017	-4.938	9.102	12.00	12.00	-9.3	-77.1	-94.2	-4.1	OK	OK	OK	OK	49.6	40.6
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	15	2	0.2	-1869.580	-4.696	7.884	12.00	12.00	-9.3	-79.7	-94.6	-3.9	OK	OK	OK	OK	49.8	42.0
	14	3	0.2	-1900.493	-4.313	6.714	12.00	12.00	-9.3	-82.3	-94.9	-3.6	OK	OK	OK	OK	50.0	43.3
	13	4	0.2	-1929.562	-3.230	5.748	12.00	12.00	-9.3	-84.5	-95.4	-2.7	OK	OK	OK	OK	50.2	44.5
	90	5	0.2	-1956.592	-0.887	5.183	12.00	12.00	-9.3	-86.3	-96.1	-0.7	OK	OK	OK	OK	50.6	45.4
Plate 2-5	90	1	0.2	-1955.798	-1.624	5.182	12.00	12.00	-9.3	-86.3	-96.1	-1.4	OK	OK	OK	OK	50.6	45.4
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	89	2	0.2	-1977.195	-0.051	5.080	12.00	12.00	-9.4	-87.4	-97.0	0.0	OK	OK	OK	OK	51.0	46.0
	88	3	0.2	-1993.903	-5.692	4.565	12.00	12.00	-9.4	-88.7	-97.3	-4.7	OK	OK	OK	OK	51.2	46.7
	87	4	0.2	-2007.091	-20.375	1.407	12.00	12.00	-9.1	-92.3	-94.9	-17.0	OK	OK	OK	OK	50.0	48.6
	524	5	0.2	-2017.926	-45.925	-6.772	12.00	12.00	-9.8	-100.5	-87.7	-38.3	OK	OK	OK	OK	46.2	52.9
Plate 1-1	1220	1	0.2	-1563.403	113.275	-0.011	12.00	12.00	-6.9	-72.9	-72.9	94.4	OK	OK	OK	OK	38.4	38.4
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	703	2	0.2	-1570.443	83.443	8.109	12.00	12.00	-8.0	-65.6	-80.9	69.5	OK	OK	OK	OK	42.6	34.5
	704	3	0.2	-1581.738	62.638	14.163	12.00	12.00	-8.8	-60.4	-87.1	52.2	OK	OK	OK	OK	45.9	31.8
	705	4	0.2	-1596.653	48.119	18.721	12.00	12.00	-9.4	-56.8	-92.1	40.1	OK	OK	OK	OK	48.5	29.9
	702	5	0.2	-1614.554	37.144	22.270	12.00	12.00	-10.0	-54.3	-96.3	31.0	OK	OK	OK	OK	50.7	28.6
Plate 1-2	702	1	0.2	-1613.580	36.288	22.263	12.00	12.00	-10.0	-54.2	-96.2	30.2	OK	OK	OK	OK	50.7	28.5
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	359	2	0.2	-1629.820	18.023	24.581	12.00	12.00	-10.3	-52.8	-99.2	15.0	OK	OK	OK	OK	52.2	27.8
	358	3	0.2	-1645.462	-7.196	25.077	12.00	12.00	-10.5	-53.1	-100.4	-6.0	OK	OK	OK	OK	52.8	27.9
	357	4	0.2	-1660.591	-39.012	23.202	12.00	12.00	-10.3	-55.5	-99.3	-32.5	OK	OK	OK	OK	52.3	29.2
	356	5	0.2	-1675.291	-77.070	18.402	12.00	12.00	-9.8	-60.7	-95.5	-64.2	OK	OK	OK	OK	50.3	32.0

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME 06 - B0 - SEZIONE TIPO RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 28.0 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK						
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% estra	% intra	
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2											
Plate 5-18	3844	1	0.2	-1986.758	-3.488	12.230	12.00	12.00	-10.4	-81.1	-104.2	-2.9	OK	OK	OK	OK	54.8	42.7	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3845	2	0.2	-1953.987	10.499	13.455	12.00	12.00	-10.4	-78.4	-103.8	8.7	OK	OK	OK	OK	54.6	41.3	
	3846	3	0.2	-1916.831	4.517	15.943	12.00	12.00	-10.5	-74.3	-104.4	3.8	OK	OK	OK	OK	55.0	39.1	
	3847	4	0.2	-1877.258	-25.670	13.685	12.00	12.00	-10.1	-74.6	-100.4	-21.4	OK	OK	OK	OK	52.9	39.3	
	3843	5	0.2	-1837.237	-84.299	0.344	12.00	12.00	-8.2	-85.3	-86.0	-70.2	OK	OK	OK	OK	45.3	44.9	
Plate 6-19	3843	1	0.2																
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3829	2	0.2																
ZONA GETTO MURETTA	3830	3	0.2																
	3831	4	0.2																
	3832	5	0.2																
Plate 6-20	3832	1	0.2																
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	3806	2	0.2																
ZONA GETTO MURETTA	3807	3	0.2																
	3808	4	0.2																
	4895	5	0.2																
Plate 3-6	524	1	0.2	-2151.961	-51.849	-7.719	12.00	12.00	-10.5	-107.6	-93.1	-43.2	OK	OK	OK	OK	49.0	56.6	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	527	2	0.2	-2157.218	-16.959	-15.782	12.00	12.00	-11.6	-115.5	-85.7	-14.1	OK	OK	OK	OK	45.1	60.8	
	526	3	0.2	-2160.402	5.295	-16.973	12.00	12.00	-11.7	-116.7	-84.7	4.4	OK	OK	OK	OK	44.6	61.4	
	525	4	0.2	-2163.763	15.826	-14.167	12.00	12.00	-11.4	-114.3	-87.5	13.2	OK	OK	OK	OK	46.1	60.1	
	662	5	0.2	-2169.551	15.545	-10.163	12.00	12.00	-10.9	-110.7	-91.6	13.0	OK	OK	OK	OK	48.2	58.3	
Plate 3-7	662	1	0.2	-2169.098	17.135	-10.166	12.00	12.00	-10.9	-110.7	-91.5	14.3	OK	OK	OK	OK	48.2	58.3	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	663	2	0.2	-2176.840	10.250	-6.878	12.00	12.00	-10.5	-108.0	-95.0	8.5	OK	OK	OK	OK	50.0	56.8	
	664	3	0.2	-2187.650	5.625	-5.023	12.00	12.00	-10.3	-106.7	-97.3	4.7	OK	OK	OK	OK	51.2	56.2	
	665	4	0.2	-2201.122	3.877	-3.922	12.00	12.00	-10.3	-106.3	-98.9	3.2	OK	OK	OK	OK	52.1	56.0	
	1262	5	0.2	-2216.854	5.626	-2.851	12.00	12.00	-10.2	-106.1	-100.7	4.7	OK	OK	OK	OK	53.0	55.8	
Plate 3-8	1262	1	0.2	-2216.274	0.014	-2.851	12.00	12.00	-10.2	-106.0	-100.6	0.0	OK	OK	OK	OK	53.0	55.8	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	1263	2	0.2	-2234.292	4.535	-2.211	12.00	12.00	-10.2	-106.3	-102.1	3.8	OK	OK	OK	OK	53.7	55.9	
	1264	3	0.2	-2251.899	5.141	-0.973	12.00	12.00	-10.1	-105.9	-104.1	4.3	OK	OK	OK	OK	54.8	55.7	
	1265	4	0.2	-2269.677	2.165	-0.012	12.00	12.00	-10.1	-105.8	-105.8	1.8	OK	OK	OK	OK	55.7	55.7	
	1964	5	0.2	-2288.208	-4.063	-0.181	12.00	12.00	-10.2	-106.9	-106.5	-3.4	OK	OK	OK	OK	56.1	56.2	
Plate 3-9	1964	1	0.2	-2287.711	-4.195	-0.181	12.00	12.00	-10.2	-106.8	-106.5	-3.5	OK	OK	OK	OK	56.1	56.2	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	1965	2	0.2	-2303.195	-6.346	-1.534	12.00	12.00	-10.4	-108.8	-105.9	-5.3	OK	OK	OK	OK	55.8	57.3	
	1966	3	0.2	-2316.622	-5.449	-3.004	12.00	12.00	-10.7	-110.8	-105.2	-4.5	OK	OK	OK	OK	55.4	58.3	
	1967	4	0.2	-2327.821	-2.062	-3.970	12.00	12.00	-10.8	-112.3	-104.8	-1.7	OK	OK	OK	OK	55.2	59.1	
	2680	5	0.2	-2336.625	3.258	-3.855	12.00	12.00	-10.9	-112.6	-105.3	2.7	OK	OK	OK	OK	55.4	59.3	
Plate 3-10	2680	1	0.2	-2336.542	-0.942	-3.855	12.00	12.00	-10.9	-112.6	-105.3	-0.8	OK	OK	OK	OK	55.4	59.3	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	2681	2	0.2	-2344.904	1.088	-3.807	12.00	12.00	-10.9	-112.9	-105.7	0.9	OK	OK	OK	OK	55.7	59.4	
	2682	3	0.2	-2351.184	1.847	-3.433	12.00	12.00	-10.9	-112.9	-106.4	1.5	OK	OK	OK	OK	56.0	59.4	
	2683	4	0.2	-2355.454	1.516	-3.002	12.00	12.00	-10.8	-112.7	-107.0	1.3	OK	OK	OK	OK	56.3	59.3	
	2986	5	0.2	-2357.782	0.270	-2.769	12.00	12.00	-10.8	-112.5	-107.3	0.2	OK	OK	OK	OK	56.5	59.2	
Plate 4-11	2986	1	0.2	-2357.782	-0.269	-2.769	12.00	12.00	-10.8	-112.5	-107.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	56.5	59.2	
(HEA160_1.2m_SB20_28gg)	2987	2	0.2	-2355.446	-1.515	-3.001	12.00	12.00	-10.8	-112.7	-107.0	-1.3	OK	OK	OK	OK	56.3	59.3	
	2988	3	0.2	-2351.168	-1.847	-3.433	12.00	12.00	-10.9	-112.9	-106.4	-1.5	OK	OK	OK	OK	56.0	59.4	
	2989	4	0.2	-2344.880	-1.087	-3.807	12.00	12.00	-10.9	-112.9	-105.7	-0.9	OK	OK	OK	OK	55.7	59.4	
	3232	5	0.2	-2336.510	0.942	-3.854	12.00	12.00	-10.9	-112.6	-105.3	0.8	OK	OK	OK	OK	55.4	59.3	
Plate 4-12	3232	1	0.2	-2336.592	-3.256	-3.854	12.00	12.00	-10.9	-112.6	-105.3	-2.7	OK	OK	OK	OK	55.4	59.3	

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME_08 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DEFINITIVO NON ARMATO

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI			CHECK			
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	σ_c,inf [MPa]	τ [kPa]	T	CLS	CLS	M/N
Plate 10-28	376	1	0.5	-795.045	-106.802	30.536	0.00	0.00	-2.323	-0.857	-237.3	OK	OK	OK	0.038
(RCK30_SP50)	382	2	0.5	-800.517	-81.988	9.229	0.00	0.00	-1.823	-1.380	-182.2	OK	OK	OK	0.012
	381	3	0.5	-800.908	-60.550	-6.817	0.00	0.00	-1.765	-1.438	-134.6	OK	OK	OK	0.009
	380	4	0.5	-800.405	-42.296	-18.369	0.00	0.00	-2.042	-1.160	-94.0	OK	OK	OK	0.023
	830	5	0.5	-803.194	-27.034	-26.179	0.00	0.00	-2.235	-0.978	-60.1	OK	OK	OK	0.033
Plate 10-29	830	1	0.5	-802.510	-28.581	-26.179	0.00	0.00	-2.233	-0.977	-63.5	OK	OK	OK	0.033
(RCK30_SP50)	836	2	0.5	-802.981	-15.182	-31.032	0.00	0.00	-2.351	-0.861	-33.7	OK	OK	OK	0.039
	835	3	0.5	-798.271	-5.128	-33.324	0.00	0.00	-2.396	-0.797	-11.4	OK	OK	OK	0.042
	834	4	0.5	-791.168	3.413	-33.463	0.00	0.00	-2.385	-0.779	7.6	OK	OK	OK	0.042
	1314	5	0.5	-784.461	12.277	-31.732	0.00	0.00	-2.330	-0.807	27.3	OK	OK	OK	0.040
Plate 10-30	1314	1	0.5	-786.852	11.047	-31.732	0.00	0.00	-2.335	-0.812	24.5	OK	OK	OK	0.040
(RCK30_SP50)	1320	2	0.5	-784.711	21.206	-28.020	0.00	0.00	-2.242	-0.897	47.1	OK	OK	OK	0.036
	1319	3	0.5	-793.875	27.900	-22.391	0.00	0.00	-2.125	-1.050	62.0	OK	OK	OK	0.028
	1318	4	0.5	-808.783	30.617	-15.712	0.00	0.00	-1.995	-1.240	68.0	OK	OK	OK	0.019
	1984	5	0.5	-823.878	28.848	-8.883	0.00	0.00	-1.861	-1.435	64.1	OK	OK	OK	0.011
Plate 10-31	1984	1	0.5	-824.570	28.648	-8.883	0.00	0.00	-1.862	-1.436	63.7	OK	OK	OK	0.011
(RCK30_SP50)	1988	2	0.5	-841.390	26.057	-2.669	0.00	0.00	-1.747	-1.619	57.9	OK	OK	OK	0.003
	1989	3	0.5	-855.116	22.190	2.814	0.00	0.00	-1.778	-1.643	49.3	OK	OK	OK	0.003
	1990	4	0.5	-867.144	16.805	7.244	0.00	0.00	-1.908	-1.560	37.3	OK	OK	OK	0.008
	2684	5	0.5	-878.872	9.660	10.282	0.00	0.00	-2.005	-1.511	21.5	OK	OK	OK	0.012
Plate 10-32	2684	1	0.5	-879.246	12.254	10.282	0.00	0.00	-2.005	-1.512	27.2	OK	OK	OK	0.012
(RCK30_SP50)	2685	2	0.5	-888.366	5.216	12.169	0.00	0.00	-2.069	-1.485	11.6	OK	OK	OK	0.014
	2686	3	0.5	-897.059	1.562	12.914	0.00	0.00	-2.104	-1.484	3.5	OK	OK	OK	0.014
	2687	4	0.5	-903.348	-0.019	13.031	0.00	0.00	-2.119	-1.494	0.0	OK	OK	OK	0.014
	2694	5	0.5	-905.261	-0.840	12.946	0.00	0.00	-2.121	-1.500	-1.9	OK	OK	OK	0.014
Plate 11-33	2694	1	0.5	-905.261	0.831	12.946	0.00	0.00	-2.121	-1.500	1.8	OK	OK	OK	0.014
(RCK30_SP50)	2695	2	0.5	-903.337	0.011	13.029	0.00	0.00	-2.119	-1.494	0.0	OK	OK	OK	0.014
	2696	3	0.5	-897.035	-1.570	12.911	0.00	0.00	-2.104	-1.484	-3.5	OK	OK	OK	0.014
	2697	4	0.5	-888.330	-5.223	12.164	0.00	0.00	-2.069	-1.485	-11.6	OK	OK	OK	0.014
	2976	5	0.5	-879.198	-12.260	10.275	0.00	0.00	-2.005	-1.512	-27.2	OK	OK	OK	0.012
Plate 11-34	2976	1	0.5	-878.825	-9.667	10.275	0.00	0.00	-2.004	-1.511	-21.5	OK	OK	OK	0.012
(RCK30_SP50)	2970	2	0.5	-867.086	-16.812	7.235	0.00	0.00	-1.908	-1.561	-37.4	OK	OK	OK	0.008
	2971	3	0.5	-855.048	-22.195	2.804	0.00	0.00	-1.777	-1.643	-49.3	OK	OK	OK	0.003
	2972	4	0.5	-841.310	-26.062	-2.680	0.00	0.00	-1.747	-1.618	-57.9	OK	OK	OK	0.003
	3236	5	0.5	-824.471	-28.661	-8.896	0.00	0.00	-1.862	-1.435	-63.7	OK	OK	OK	0.011
Plate 11-35	3236	1	0.5	-823.781	-28.856	-8.896	0.00	0.00	-1.861	-1.434	-64.1	OK	OK	OK	0.011

(RCK30_SP50)	3237	2	0.5	-808.675	-30.628	-15.728	0.00	0.00	-1.995	-1.240	-68.1	OK	OK	OK	0.019
	3238	3	0.5	-793.774	-27.892	-22.407	0.00	0.00	-2.125	-1.050	-62.0	OK	OK	OK	0.028
	3239	4	0.5	-784.631	-21.178	-28.032	0.00	0.00	-2.242	-0.897	-47.1	OK	OK	OK	0.036
	3516	5	0.5	-786.799	-11.020	-31.737	0.00	0.00	-2.335	-0.812	-24.5	OK	OK	OK	0.040
Plate 11-36	3516	1	0.5	-784.405	-12.252	-31.737	0.00	0.00	-2.331	-0.807	-27.2	OK	OK	OK	0.040
(RCK30_SP50)	3510	2	0.5	-791.137	-3.399	-33.464	0.00	0.00	-2.385	-0.779	-7.6	OK	OK	OK	0.042
	3511	3	0.5	-798.242	5.142	-33.321	0.00	0.00	-2.396	-0.797	11.4	OK	OK	OK	0.042
	3512	4	0.5	-802.942	15.199	-31.027	0.00	0.00	-2.351	-0.861	33.8	OK	OK	OK	0.039
	4104	5	0.5	-802.457	28.599	-26.169	0.00	0.00	-2.233	-0.977	63.6	OK	OK	OK	0.033
Plate 11-37	4104	1	0.5	-803.134	27.062	-26.169	0.00	0.00	-2.234	-0.978	60.1	OK	OK	OK	0.033
(RCK30_SP50)	3501	2	0.5	-800.310	42.303	-18.356	0.00	0.00	-2.041	-1.160	94.0	OK	OK	OK	0.023
	3502	3	0.5	-800.752	60.551	-6.803	0.00	0.00	-1.765	-1.438	134.6	OK	OK	OK	0.008
	3503	4	0.5	-800.294	82.006	9.245	0.00	0.00	-1.822	-1.379	182.2	OK	OK	OK	0.012
	3500	5	0.5	-794.770	106.871	30.561	0.00	0.00	-2.323	-0.856	237.5	OK	OK	OK	0.038
Plate 12-38	3500	1	0.6	-948.155	139.859	30.561	0.00	0.00	-2.090	-1.071	259.0	OK	OK	OK	0.032
(RCK30_SP60)	3494	2	0.6	-934.074	78.515	56.812	0.00	0.00	-2.504	-0.610	145.4	OK	OK	OK	0.061
	3495	3	0.6	-904.571	15.364	67.550	0.00	0.00	-2.633	-0.382	28.5	OK	OK	OK	0.075
	3496	4	0.6	-867.119	-36.409	65.011	0.00	0.00	-2.529	-0.362	-67.4	OK	OK	OK	0.075
	3783	5	0.6	-829.194	-63.621	52.375	0.00	0.00	-2.255	-0.509	-117.8	OK	OK	OK	0.063
Plate 12-39	3783	1	0.6	-835.211	-64.452	52.375	0.00	0.00	-2.265	-0.519	-119.4	OK	OK	OK	0.063
(RCK30_SP60)	3764	2	0.6	-806.537	-66.128	36.848	0.00	0.00	-1.958	-0.730	-122.5	OK	OK	OK	0.046
	3765	3	0.6	-792.078	-68.269	20.916	0.00	0.00	-1.669	-0.972	-126.4	OK	OK	OK	0.026
	3766	4	0.6	-787.903	-71.497	4.329	0.00	0.00	-1.385	-1.241	-132.4	OK	OK	OK	0.005
	3770	5	0.6	-790.081	-76.434	-13.209	0.00	0.00	-1.537	-1.097	-141.5	OK	OK	OK	0.017
Plate 12-40	3770	1	0.7	-792.397	-73.431	-13.209	0.00	0.00	-1.541	-1.101	-116.6	OK	OK	OK	0.017
(RCK30_SP70)	3488	2	0.7	-791.841	-88.939	-33.025	0.00	0.00	-1.870	-0.769	-141.2	OK	OK	OK	0.042
	3489	3	0.7	-803.200	-109.228	-55.459	0.00	0.00	-2.263	-0.414	-173.4	OK	OK	OK	0.069
	3490	4	0.7	-806.151	-163.898	-87.636	0.00	0.00	-2.810	0.000	-260.2	OK	OK	OK	0.109
	3833	5	0.7	-780.370	-282.550	-138.825	0.00	0.00	-4.261	0.003	-448.5	OK	OK	OK	0.178
Plate 9-25	392	1	0.7	-780.896	282.655	-138.972	0.00	0.00	-4.266	0.003	448.7	OK	OK	OK	0.178
(RCK30_SP70)	176	2	0.7	-806.583	163.939	-87.767	0.00	0.00	-2.813	0.000	260.2	OK	OK	OK	0.109
	175	3	0.7	-803.598	109.245	-55.583	0.00	0.00	-2.266	-0.413	173.4	OK	OK	OK	0.069
	174	4	0.7	-792.233	88.951	-33.146	0.00	0.00	-1.873	-0.768	141.2	OK	OK	OK	0.042
	173	5	0.7	-792.780	73.435	-13.328	0.00	0.00	-1.543	-1.099	116.6	OK	OK	OK	0.017
Plate 9-26	173	1	0.6	-790.461	76.460	-13.328	0.00	0.00	-1.540	-1.095	141.6	OK	OK	OK	0.017
(RCK30_SP60)	27	2	0.6	-788.291	71.504	4.212	0.00	0.00	-1.384	-1.244	132.4	OK	OK	OK	0.005
	26	3	0.6	-792.477	68.299	20.804	0.00	0.00	-1.668	-0.974	126.5	OK	OK	OK	0.026
	25	4	0.6	-806.951	66.183	36.746	0.00	0.00	-1.957	-0.732	122.6	OK	OK	OK	0.046
	189	5	0.6	-835.645	64.496	52.286	0.00	0.00	-2.264	-0.521	119.4	OK	OK	OK	0.063
Plate 9-27	189	1	0.6	-829.642	63.660	52.286	0.00	0.00	-2.254	-0.511	117.9	OK	OK	OK	0.063

(RCK30_SP60)	192	2	0.6	-867.571	36.478	64.935	0.00	0.00	-2.528	-0.364	67.6	OK	OK	OK	0.075
	191	3	0.6	-905.005	-15.291	67.492	0.00	0.00	-2.633	-0.383	-28.3	OK	OK	OK	0.075
	190	4	0.6	-934.472	-78.446	56.770	0.00	0.00	-2.504	-0.611	-145.3	OK	OK	OK	0.061
	376	5	0.6	-948.499	-139.785	30.536	0.00	0.00	-2.090	-1.072	-258.9	OK	OK	OK	0.032
Plate 7-21	2182	1	0.7	-1656.462	4.243	153.071	0.00	0.00	-4.241	-0.492	6.7	OK	OK	OK	0.092
(RCK30_SP70)	1462	2	0.7	-1634.853	-23.675	150.981	0.00	0.00	-4.184	-0.487	-37.6	OK	OK	OK	0.092
	1461	3	0.7	-1639.298	-50.479	141.110	0.00	0.00	-4.070	-0.614	-80.1	OK	OK	OK	0.086
	1460	4	0.7	-1636.446	-59.163	127.320	0.00	0.00	-3.897	-0.779	-93.9	OK	OK	OK	0.078
	1456	5	0.7	-1592.948	-32.724	114.764	0.00	0.00	-3.681	-0.870	-51.9	OK	OK	OK	0.072
Plate 7-22	1456	1	0.7	-1597.873	-26.701	114.764	0.00	0.00	-3.688	-0.877	-42.4	OK	OK	OK	0.072
(RCK30_SP70)	959	2	0.7	-1574.693	-114.898	94.463	0.00	0.00	-3.406	-1.093	-182.4	OK	OK	OK	0.060
	960	3	0.7	-1564.952	-124.394	64.662	0.00	0.00	-3.027	-1.444	-197.5	OK	OK	OK	0.041
	961	4	0.7	-1532.095	-101.732	35.119	0.00	0.00	-2.619	-1.759	-161.5	OK	OK	OK	0.023
	958	5	0.7	-1439.565	-93.454	12.058	0.00	0.00	-2.204	-1.909	-148.3	OK	OK	OK	0.008
Plate 7-23	958	1	0.7	-1487.163	-138.061	12.058	0.00	0.00	-2.272	-1.977	-219.1	OK	OK	OK	0.008
(RCK30_SP70)	802	2	0.7	-1472.122	-126.668	-17.753	0.00	0.00	-2.320	-1.886	-201.1	OK	OK	OK	0.012
	803	3	0.7	-1476.018	-187.695	-58.298	0.00	0.00	-2.822	-1.395	-297.9	OK	OK	OK	0.039
	804	4	0.7	-1405.645	-240.523	-110.638	0.00	0.00	-3.363	-0.653	-381.8	OK	OK	OK	0.079
	808	5	0.7	-1167.796	-204.531	-169.725	0.00	0.00	-3.804	0.001	-324.7	OK	OK	OK	0.145
Plate 14-42	3274	1	0.7	-1167.646	204.023	-169.836	0.00	0.00	-3.806	0.001	323.8	OK	OK	OK	0.145
(RCK30_SP70)	2966	2	0.7	-1405.927	240.216	-110.856	0.00	0.00	-3.366	-0.651	381.3	OK	OK	OK	0.079
	2965	3	0.7	-1476.764	187.594	-58.558	0.00	0.00	-2.827	-1.393	297.8	OK	OK	OK	0.040
	2964	4	0.7	-1473.089	126.505	-18.044	0.00	0.00	-2.325	-1.883	200.8	OK	OK	OK	0.012
	2960	5	0.7	-1487.832	137.297	11.669	0.00	0.00	-2.268	-1.983	217.9	OK	OK	OK	0.008
Plate 14-43	2960	1	0.7	-1440.557	93.100	11.669	0.00	0.00	-2.201	-1.915	147.8	OK	OK	OK	0.008
(RCK30_SP70)	2359	2	0.7	-1532.528	101.141	34.578	0.00	0.00	-2.613	-1.766	160.5	OK	OK	OK	0.023
	2360	3	0.7	-1564.824	124.340	64.054	0.00	0.00	-3.020	-1.451	197.4	OK	OK	OK	0.041
	2361	4	0.7	-1574.142	115.351	93.892	0.00	0.00	-3.398	-1.099	183.1	OK	OK	OK	0.060
	2358	5	0.7	-1597.181	26.828	114.301	0.00	0.00	-3.681	-0.882	42.6	OK	OK	OK	0.072
Plate 14-44	2358	1	0.7	-1592.461	33.161	114.301	0.00	0.00	-3.675	-0.875	52.6	OK	OK	OK	0.072
(RCK30_SP70)	2176	2	0.7	-1636.055	59.351	126.919	0.00	0.00	-3.891	-0.783	94.2	OK	OK	OK	0.078
	2177	3	0.7	-1639.006	50.847	140.780	0.00	0.00	-4.065	-0.618	80.7	OK	OK	OK	0.086
	2178	4	0.7	-1634.686	24.368	150.776	0.00	0.00	-4.182	-0.489	38.7	OK	OK	OK	0.092
	2182	5	0.7	-1656.469	-3.363	153.071	0.00	0.00	-4.241	-0.492	-5.3	OK	OK	OK	0.092

BY-PASS DI COLLEGAMENTO - TIME_09 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DEFINITIVO NON ARMATO

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI			CHECK			
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ [Mpa]	$\sigma_{,inf}$ [MPa]	τ [kPa]	T	CLS	CLS	M/N
Plate 10-28	376	1	0.5	-1131.707	-136.731	42.055	0.00	0.00	-3.273	-1.254	-303.8	OK	OK	OK	0.037
(RCK30_SP50)	382	2	0.5	-1139.561	-103.766	15.089	0.00	0.00	-2.641	-1.917	-230.6	OK	OK	OK	0.013
	381	3	0.5	-1134.402	-79.597	-5.624	0.00	0.00	-2.404	-2.134	-176.9	OK	OK	OK	0.005
	380	4	0.5	-1124.604	-59.186	-21.159	0.00	0.00	-2.757	-1.741	-131.5	OK	OK	OK	0.019
	830	5	0.5	-1118.538	-37.495	-32.244	0.00	0.00	-3.011	-1.463	-83.3	OK	OK	OK	0.029
Plate 10-29	830	1	0.5	-1118.353	-40.548	-32.244	0.00	0.00	-3.011	-1.463	-90.1	OK	OK	OK	0.029
(RCK30_SP50)	836	2	0.5	-1111.136	-19.599	-38.946	0.00	0.00	-3.157	-1.288	-43.6	OK	OK	OK	0.035
	835	3	0.5	-1105.195	-3.172	-41.462	0.00	0.00	-3.205	-1.215	-7.0	OK	OK	OK	0.038
	834	4	0.5	-1101.590	9.563	-40.657	0.00	0.00	-3.179	-1.227	21.3	OK	OK	OK	0.037
	1314	5	0.5	-1101.379	19.433	-37.341	0.00	0.00	-3.099	-1.307	43.2	OK	OK	OK	0.034
Plate 10-30	1314	1	0.5	-1102.612	19.421	-37.341	0.00	0.00	-3.101	-1.309	43.2	OK	OK	OK	0.034
(RCK30_SP50)	1320	2	0.5	-1106.526	25.223	-32.221	0.00	0.00	-2.986	-1.440	56.1	OK	OK	OK	0.029
	1319	3	0.5	-1117.526	28.726	-26.114	0.00	0.00	-2.862	-1.608	63.8	OK	OK	OK	0.023
	1318	4	0.5	-1131.782	30.852	-19.345	0.00	0.00	-2.728	-1.799	68.6	OK	OK	OK	0.017
	1984	5	0.5	-1145.461	32.520	-12.177	0.00	0.00	-2.583	-1.999	72.3	OK	OK	OK	0.011
Plate 10-31	1984	1	0.5	-1145.298	31.799	-12.177	0.00	0.00	-2.583	-1.998	70.7	OK	OK	OK	0.011
(RCK30_SP50)	1988	2	0.5	-1159.977	29.530	-5.185	0.00	0.00	-2.444	-2.196	65.6	OK	OK	OK	0.004
	1989	3	0.5	-1173.025	25.015	1.012	0.00	0.00	-2.370	-2.322	55.6	OK	OK	OK	0.001
	1990	4	0.5	-1184.974	18.499	5.968	0.00	0.00	-2.513	-2.227	41.1	OK	OK	OK	0.005
	2684	5	0.5	-1196.353	10.227	9.253	0.00	0.00	-2.615	-2.171	22.7	OK	OK	OK	0.008
Plate 10-32	2684	1	0.5	-1196.823	13.058	9.253	0.00	0.00	-2.616	-2.172	29.0	OK	OK	OK	0.008
(RCK30_SP50)	2685	2	0.5	-1205.678	5.013	11.191	0.00	0.00	-2.680	-2.143	11.1	OK	OK	OK	0.009
	2686	3	0.5	-1214.215	1.039	11.849	0.00	0.00	-2.713	-2.144	2.3	OK	OK	OK	0.010
	2687	4	0.5	-1220.412	-0.436	11.848	0.00	0.00	-2.725	-2.156	-1.0	OK	OK	OK	0.010
	2694	5	0.5	-1222.248	-0.985	11.701	0.00	0.00	-2.725	-2.164	-2.2	OK	OK	OK	0.010
Plate 11-33	2694	1	0.5	-1222.248	0.978	11.701	0.00	0.00	-2.725	-2.164	2.2	OK	OK	OK	0.010
(RCK30_SP50)	2695	2	0.5	-1220.407	0.429	11.846	0.00	0.00	-2.725	-2.157	1.0	OK	OK	OK	0.010
	2696	3	0.5	-1214.203	-1.045	11.846	0.00	0.00	-2.713	-2.144	-2.3	OK	OK	OK	0.010
	2697	4	0.5	-1205.660	-5.019	11.186	0.00	0.00	-2.680	-2.143	-11.2	OK	OK	OK	0.009
	2976	5	0.5	-1196.799	-13.064	9.247	0.00	0.00	-2.616	-2.172	-29.0	OK	OK	OK	0.008
Plate 11-34	2976	1	0.5	-1196.329	-10.234	9.247	0.00	0.00	-2.615	-2.171	-22.7	OK	OK	OK	0.008
(RCK30_SP50)	2970	2	0.5	-1184.945	-18.504	5.960	0.00	0.00	-2.513	-2.227	-41.1	OK	OK	OK	0.005
	2971	3	0.5	-1172.992	-25.019	1.003	0.00	0.00	-2.370	-2.322	-55.6	OK	OK	OK	0.001
	2972	4	0.5	-1159.938	-29.533	-5.194	0.00	0.00	-2.445	-2.195	-65.6	OK	OK	OK	0.004
	3236	5	0.5	-1145.254	-31.803	-12.187	0.00	0.00	-2.583	-1.998	-70.7	OK	OK	OK	0.011
Plate 11-35	3236	1	0.5	-1145.416	-32.525	-12.187	0.00	0.00	-2.583	-1.998	-72.3	OK	OK	OK	0.011

(RCK30_SP50)	3237	2	0.5	-1131.733	-30.856	-19.356	0.00	0.00	-2.728	-1.799	-68.6	OK	OK	OK	0.017
	3238	3	0.5	-1117.474	-28.729	-26.126	0.00	0.00	-2.862	-1.608	-63.8	OK	OK	OK	0.023
	3239	4	0.5	-1106.475	-25.219	-32.233	0.00	0.00	-2.987	-1.439	-56.0	OK	OK	OK	0.029
	3516	5	0.5	-1102.571	-19.405	-37.351	0.00	0.00	-3.102	-1.309	-43.1	OK	OK	OK	0.034
Plate 11-36	3516	1	0.5	-1101.329	-19.416	-37.351	0.00	0.00	-3.099	-1.306	-43.1	OK	OK	OK	0.034
(RCK30_SP50)	3510	2	0.5	-1101.546	-9.553	-40.664	0.00	0.00	-3.179	-1.227	-21.2	OK	OK	OK	0.037
	3511	3	0.5	-1105.153	3.184	-41.466	0.00	0.00	-3.205	-1.215	7.1	OK	OK	OK	0.038
	3512	4	0.5	-1111.091	19.616	-38.948	0.00	0.00	-3.157	-1.287	43.6	OK	OK	OK	0.035
	4104	5	0.5	-1118.301	40.567	-32.241	0.00	0.00	-3.010	-1.463	90.1	OK	OK	OK	0.029
Plate 11-37	4104	1	0.5	-1118.485	37.520	-32.241	0.00	0.00	-3.011	-1.463	83.4	OK	OK	OK	0.029
(RCK30_SP50)	3501	2	0.5	-1124.540	59.206	-21.151	0.00	0.00	-2.757	-1.741	131.6	OK	OK	OK	0.019
	3502	3	0.5	-1134.319	79.619	-5.611	0.00	0.00	-2.403	-2.134	176.9	OK	OK	OK	0.005
	3503	4	0.5	-1139.457	103.802	15.108	0.00	0.00	-2.642	-1.916	230.7	OK	OK	OK	0.013
	3500	5	0.5	-1131.585	136.796	42.084	0.00	0.00	-3.273	-1.253	304.0	OK	OK	OK	0.037
Plate 12-38	3500	1	0.6	-1352.997	181.316	42.084	0.00	0.00	-2.956	-1.554	335.8	OK	OK	OK	0.031
(RCK30_SP60)	3494	2	0.6	-1329.951	102.748	75.963	0.00	0.00	-3.483	-0.951	190.3	OK	OK	OK	0.057
	3495	3	0.6	-1289.648	26.197	90.961	0.00	0.00	-3.665	-0.633	48.5	OK	OK	OK	0.071
	3496	4	0.6	-1235.690	-40.170	89.214	0.00	0.00	-3.546	-0.573	-74.4	OK	OK	OK	0.072
	3783	5	0.6	-1171.681	-88.185	73.440	0.00	0.00	-3.177	-0.729	-163.3	OK	OK	OK	0.063
Plate 12-39	3783	1	0.6	-1176.362	-85.704	73.440	0.00	0.00	-3.185	-0.737	-158.7	OK	OK	OK	0.062
(RCK30_SP60)	3764	2	0.6	-1123.277	-105.331	49.848	0.00	0.00	-2.703	-1.041	-195.1	OK	OK	OK	0.044
	3765	3	0.6	-1088.001	-101.234	25.532	0.00	0.00	-2.239	-1.388	-187.5	OK	OK	OK	0.023
	3766	4	0.6	-1067.605	-93.658	2.028	0.00	0.00	-1.813	-1.746	-173.4	OK	OK	OK	0.002
	3770	5	0.6	-1059.161	-102.847	-20.587	0.00	0.00	-2.108	-1.422	-190.5	OK	OK	OK	0.019
Plate 12-40	3770	1	0.7	-1063.703	-91.928	-20.587	0.00	0.00	-1.772	-1.267	-145.9	OK	OK	OK	0.019
(RCK30_SP70)	3488	2	0.7	-1056.790	-110.215	-45.270	0.00	0.00	-2.064	-0.955	-174.9	OK	OK	OK	0.043
	3489	3	0.7	-1065.435	-136.440	-73.065	0.00	0.00	-2.417	-0.627	-216.6	OK	OK	OK	0.069
	3490	4	0.7	-1060.074	-210.040	-113.837	0.00	0.00	-2.908	-0.120	-333.4	OK	OK	OK	0.107
	3833	5	0.7	-1011.145	-370.451	-180.303	0.00	0.00	-3.926	0.001	-588.0	OK	OK	OK	0.178
Plate 9-25	392	1	0.7	-1011.265	370.527	-180.381	0.00	0.00	-3.928	0.001	588.1	OK	OK	OK	0.178
(RCK30_SP70)	176	2	0.7	-1060.186	210.058	-113.905	0.00	0.00	-2.909	-0.120	333.4	OK	OK	OK	0.107
	175	3	0.7	-1065.547	136.433	-73.132	0.00	0.00	-2.418	-0.627	216.6	OK	OK	OK	0.069
	174	4	0.7	-1056.908	110.202	-45.340	0.00	0.00	-2.065	-0.955	174.9	OK	OK	OK	0.043
	173	5	0.7	-1063.829	91.911	-20.660	0.00	0.00	-1.773	-1.267	145.9	OK	OK	OK	0.019
Plate 9-26	173	1	0.6	-1059.289	102.824	-20.660	0.00	0.00	-2.110	-1.421	190.4	OK	OK	OK	0.020
(RCK30_SP60)	27	2	0.6	-1067.756	93.661	1.953	0.00	0.00	-1.812	-1.747	173.4	OK	OK	OK	0.002
	26	3	0.6	-1088.178	101.247	25.459	0.00	0.00	-2.238	-1.389	187.5	OK	OK	OK	0.023
	25	4	0.6	-1123.477	105.341	49.779	0.00	0.00	-2.702	-1.043	195.1	OK	OK	OK	0.044
	189	5	0.6	-1176.576	85.704	73.371	0.00	0.00	-3.184	-0.738	158.7	OK	OK	OK	0.062
Plate 9-27	189	1	0.6	-1171.902	88.181	73.371	0.00	0.00	-3.176	-0.730	163.3	OK	OK	OK	0.063

(RCK30_SP60)	192	2	0.6	-1235.904	40.195	89.148	0.00	0.00	-3.546	-0.574	74.4	OK	OK	OK	0.072
	191	3	0.6	-1289.843	-26.153	90.904	0.00	0.00	-3.665	-0.635	-48.4	OK	OK	OK	0.070
	190	4	0.6	-1330.122	-102.689	75.918	0.00	0.00	-3.482	-0.952	-190.2	OK	OK	OK	0.057
	376	5	0.6	-1353.145	-181.241	42.055	0.00	0.00	-2.956	-1.554	-335.6	OK	OK	OK	0.031
Plate 7-21	2182	1	0.7	-2021.884	4.769	196.153	0.00	0.00	-5.290	-0.487	7.6	OK	OK	OK	0.097
(RCK30_SP70)	1462	2	0.7	-1997.110	-24.727	194.176	0.00	0.00	-5.231	-0.475	-39.2	OK	OK	OK	0.097
	1461	3	0.7	-2002.834	-57.426	183.248	0.00	0.00	-5.105	-0.617	-91.2	OK	OK	OK	0.091
	1460	4	0.7	-1999.764	-72.141	167.040	0.00	0.00	-4.902	-0.811	-114.5	OK	OK	OK	0.084
	1456	5	0.7	-1948.609	-47.687	150.826	0.00	0.00	-4.631	-0.937	-75.7	OK	OK	OK	0.077
Plate 7-22	1456	1	0.7	-1956.403	-43.116	150.826	0.00	0.00	-4.642	-0.948	-68.4	OK	OK	OK	0.077
(RCK30_SP70)	959	2	0.7	-1924.250	-152.920	123.733	0.00	0.00	-4.264	-1.234	-242.7	OK	OK	OK	0.064
	960	3	0.7	-1907.153	-180.272	82.016	0.00	0.00	-3.729	-1.720	-286.1	OK	OK	OK	0.043
	961	4	0.7	-1867.668	-167.870	37.164	0.00	0.00	-3.123	-2.213	-266.5	OK	OK	OK	0.020
	958	5	0.7	-1768.352	-158.410	-2.570	0.00	0.00	-2.558	-2.495	-251.4	OK	OK	OK	0.001
Plate 7-23	958	1	0.7	-1825.327	-213.761	-2.570	0.00	0.00	-2.639	-2.576	-339.3	OK	OK	OK	0.001
(RCK30_SP70)	802	2	0.7	-1800.832	-187.766	-48.355	0.00	0.00	-3.165	-1.981	-298.0	OK	OK	OK	0.027
	803	3	0.7	-1808.820	-257.230	-105.727	0.00	0.00	-3.879	-1.289	-408.3	OK	OK	OK	0.058
	804	4	0.7	-1733.168	-312.770	-175.428	0.00	0.00	-4.624	-0.328	-496.5	OK	OK	OK	0.101
	808	5	0.7	-1457.753	-245.003	-249.911	0.00	0.00	-5.442	0.002	-388.9	OK	OK	OK	0.171
Plate 14-42	3274	1	0.7	-1458.374	245.140	-249.860	0.00	0.00	-5.442	0.002	389.1	OK	OK	OK	0.171
(RCK30_SP70)	2966	2	0.7	-1734.213	312.956	-175.334	0.00	0.00	-4.624	-0.331	496.8	OK	OK	OK	0.101
	2965	3	0.7	-1810.285	257.220	-105.603	0.00	0.00	-3.879	-1.293	408.3	OK	OK	OK	0.058
	2964	4	0.7	-1802.610	187.237	-48.292	0.00	0.00	-3.166	-1.984	297.2	OK	OK	OK	0.027
	2960	5	0.7	-1827.208	212.312	-2.744	0.00	0.00	-2.644	-2.577	337.0	OK	OK	OK	0.002
Plate 14-43	2960	1	0.7	-1770.427	157.370	-2.744	0.00	0.00	-2.563	-2.496	249.8	OK	OK	OK	0.002
(RCK30_SP70)	2359	2	0.7	-1869.526	166.460	36.629	0.00	0.00	-3.119	-2.222	264.2	OK	OK	OK	0.020
	2360	3	0.7	-1908.352	179.774	81.263	0.00	0.00	-3.721	-1.731	285.4	OK	OK	OK	0.043
	2361	4	0.7	-1924.714	153.298	122.947	0.00	0.00	-4.255	-1.244	243.3	OK	OK	OK	0.064
	2358	5	0.7	-1956.421	43.019	150.132	0.00	0.00	-4.633	-0.957	68.3	OK	OK	OK	0.077
Plate 14-44	2358	1	0.7	-1948.906	48.057	150.132	0.00	0.00	-4.622	-0.946	76.3	OK	OK	OK	0.077
(RCK30_SP70)	2176	2	0.7	-2000.093	72.263	166.380	0.00	0.00	-4.895	-0.820	114.7	OK	OK	OK	0.083
	2177	3	0.7	-2003.077	58.019	182.682	0.00	0.00	-5.098	-0.625	92.1	OK	OK	OK	0.091
	2178	4	0.7	-1997.213	25.946	193.824	0.00	0.00	-5.227	-0.480	41.2	OK	OK	OK	0.097
	2182	5	0.7	-2021.858	-3.334	196.153	0.00	0.00	-5.290	-0.486	-5.3	OK	OK	OK	0.097

CABINA DI COLLEGAMENTO - TIME 03 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 0.5 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK					
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% estra	% intra
Plate 2-9	11755	1	0.2	-964.876	-0.033	-0.842	25.00	25.00	-2.0	-113.5	-110.7	0.0	OK	OK	OK	OK	58.2	59.7
(SB20_HEB200_0.5gg)	11756	2	0.2	-964.316	0.414	-0.794	25.00	25.00	-2.0	-113.4	-110.7	0.2	OK	OK	OK	OK	58.3	59.7
	11757	3	0.2	-963.614	0.690	-0.622	25.00	25.00	-2.0	-113.0	-110.9	0.4	OK	OK	OK	OK	58.4	59.5
	11758	4	0.2	-962.834	0.431	-0.460	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.1	0.2	OK	OK	OK	OK	58.5	59.3
	11759	5	0.2	-962.042	-0.725	-0.472	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.0	-0.4	OK	OK	OK	OK	58.4	59.2
Plate 2-10	11759	1	0.2	-962.117	-3.435	-0.472	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.0	-1.9	OK	OK	OK	OK	58.4	59.2
(SB20_HEB200_0.5gg)	11038	2	0.2	-961.459	-2.101	-1.277	25.00	25.00	-2.1	-113.8	-109.5	-1.2	OK	OK	OK	OK	57.7	59.9
	11039	3	0.2	-960.605	-0.025	-1.556	25.00	25.00	-2.1	-114.2	-109.0	0.0	OK	OK	OK	OK	57.4	60.1
	11040	4	0.2	-959.571	1.976	-1.297	25.00	25.00	-2.1	-113.7	-109.3	1.1	OK	OK	OK	OK	57.5	59.8
	11052	5	0.2	-958.368	3.085	-0.555	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.4	1.7	OK	OK	OK	OK	58.1	59.1
Plate 2-11	11052	1	0.2	-958.378	0.679	-0.555	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.4	0.4	OK	OK	OK	OK	58.1	59.1
(SB20_HEB200_0.5gg)	11053	2	0.2	-957.543	-1.050	-0.652	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.1	-0.6	OK	OK	OK	OK	58.0	59.1
	11054	3	0.2	-957.139	-1.251	-0.990	25.00	25.00	-2.0	-112.9	-109.5	-0.7	OK	OK	OK	OK	57.6	59.4
	11055	4	0.2	-957.022	-0.361	-1.246	25.00	25.00	-2.0	-113.3	-109.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	57.4	59.6
	11051	5	0.2	-957.049	1.184	-1.136	25.00	25.00	-2.0	-113.1	-109.3	0.7	OK	OK	OK	OK	57.5	59.5
Plate 3-12	11051	1	0.2	-957.049	-1.184	-1.136	25.00	25.00	-2.0	-113.1	-109.3	-0.7	OK	OK	OK	OK	57.5	59.5
(SB20_HEB200_0.5gg)	11019	2	0.2	-957.022	0.361	-1.246	25.00	25.00	-2.0	-113.3	-109.1	0.2	OK	OK	OK	OK	57.4	59.6
	11020	3	0.2	-957.139	1.251	-0.990	25.00	25.00	-2.0	-112.9	-109.5	0.7	OK	OK	OK	OK	57.6	59.4
	11021	4	0.2	-957.542	1.050	-0.652	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.1	0.6	OK	OK	OK	OK	58.0	59.1
	11018	5	0.2	-958.377	-0.679	-0.555	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.4	-0.4	OK	OK	OK	OK	58.1	59.1
Plate 3-13	11018	1	0.2	-958.367	-3.084	-0.555	25.00	25.00	-2.0	-112.3	-110.4	-1.7	OK	OK	OK	OK	58.1	59.1
(SB20_HEB200_0.5gg)	10879	2	0.2	-959.569	-1.976	-1.298	25.00	25.00	-2.1	-113.7	-109.3	-1.1	OK	OK	OK	OK	57.5	59.8
	10880	3	0.2	-960.603	0.025	-1.556	25.00	25.00	-2.1	-114.2	-109.0	0.0	OK	OK	OK	OK	57.4	60.1
	10881	4	0.2	-961.456	2.102	-1.276	25.00	25.00	-2.1	-113.8	-109.5	1.2	OK	OK	OK	OK	57.7	59.9
	11699	5	0.2	-962.114	3.436	-0.471	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.0	1.9	OK	OK	OK	OK	58.4	59.2
Plate 3-14	11699	1	0.2	-962.039	0.726	-0.471	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.0	0.4	OK	OK	OK	OK	58.4	59.2
(SB20_HEB200_0.5gg)	11700	2	0.2	-962.830	-0.432	-0.460	25.00	25.00	-2.0	-112.6	-111.1	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.5	59.3
	11701	3	0.2	-963.609	-0.691	-0.622	25.00	25.00	-2.0	-113.0	-110.9	-0.4	OK	OK	OK	OK	58.4	59.5
	11702	4	0.2	-964.311	-0.414	-0.754	25.00	25.00	-2.0	-113.3	-110.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.3	59.6
	11698	5	0.2	-964.871	0.035	-0.842	25.00	25.00	-2.0	-113.5	-110.7	0.0	OK	OK	OK	OK	58.2	59.7
Plate 4-15	11698	1	0.2	-964.828	-1.968	-0.842	25.00	25.00	-2.0	-113.5	-110.7	-1.1	OK	OK	OK	OK	58.2	59.7
(SB20_HEB200_0.5gg)	11684	2	0.2	-965.103	-1.140	-1.207	25.00	25.00	-2.1	-114.2	-110.1	-0.6	OK	OK	OK	OK	57.9	60.1
	11685	3	0.2	-965.553	-0.355	-1.382	25.00	25.00	-2.1	-114.5	-109.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	57.8	60.3
	11686	4	0.2	-966.156	0.379	-1.379	25.00	25.00	-2.1	-114.6	-109.9	0.2	OK	OK	OK	OK	57.8	60.3
	11687	5	0.2	-966.894	1.055	-1.209	25.00	25.00	-2.1	-114.4	-110.3	0.6	OK	OK	OK	OK	58.0	60.2
Plate 4-16	11687	1	0.2	-966.686	0.445	-1.209	25.00	25.00	-2.1	-114.3	-110.3	0.2	OK	OK	OK	OK	58.0	60.2
(SB20_HEB200_0.5gg)	10973	2	0.2	-967.309	-0.375	-1.223	25.00	25.00	-2.1	-114.4	-110.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.1	60.2
	10974	3	0.2	-967.969	-0.390	-1.317	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.2	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.0	60.4
	10975	4	0.2	-968.571	0.059	-1.370	25.00	25.00	-2.1	-114.8	-110.2	0.0	OK	OK	OK	OK	58.0	60.4
	10972	5	0.2	-969.025	0.633	-1.284	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.4	0.4	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
Plate 4-17	10972	1	0.2	-969.022	0.581	-1.284	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.4	0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
(SB20_HEB200_0.5gg)	9894	2	0.2	-969.209	-0.505	-1.293	25.00	25.00	-2.1	-114.8	-110.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
	9895	3	0.2	-969.414	-0.885	-1.465	25.00	25.00	-2.1	-115.1	-110.1	-0.5	OK	OK	OK	OK	58.0	60.6
	9896	4	0.2	-969.581	-0.724	-1.667	25.00	25.00	-2.1	-115.5	-109.8	-0.4	OK	OK	OK	OK	57.8	60.8
	9893	5	0.2	-969.652	-0.189	-1.779	25.00	25.00	-2.1	-115.6	-109.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	57.7	60.9
Plate 4-18	9893	1	0.2	-969.618	-0.475	-1.779	25.00	25.00	-2.1	-115.6	-109.6	-0.3	OK	OK	OK	OK	57.7	60.9

(SB20_HEB200_0.5gg)	8661	2	0.2	-969.564	-1.087	-1.964	25.00	25.00	-2.1	-116.0	-109.3	-0.6	OK	OK	OK	OK	57.5	61.0
	8662	3	0.2	-969.361	-1.570	-2.281	25.00	25.00	-2.1	-116.5	-108.8	-0.9	OK	OK	OK	OK	57.2	61.3
	8663	4	0.2	-968.945	-1.852	-2.687	25.00	25.00	-2.1	-117.1	-108.0	-1.0	OK	OK	OK	OK	56.9	61.6
	8660	5	0.2	-968.250	-1.863	-3.131	25.00	25.00	-2.1	-117.8	-107.2	-1.0	OK	OK	OK	OK	56.4	62.0
Plate 4-19	8660	1	0.2	-968.086	-1.196	-3.131	25.00	25.00	-2.1	-117.7	-107.2	-0.7	OK	OK	OK	OK	56.4	62.0
(SB20_HEB200_0.5gg)	7987	2	0.2	-966.653	-0.955	-3.404	25.00	25.00	-2.1	-118.0	-106.6	-0.5	OK	OK	OK	OK	56.1	62.1
	7988	3	0.2	-964.091	0.185	-3.509	25.00	25.00	-2.1	-117.9	-106.1	0.1	OK	OK	OK	OK	55.8	62.1
	7989	4	0.2	-960.238	2.153	-3.252	25.00	25.00	-2.1	-117.0	-106.1	1.2	OK	OK	OK	OK	55.8	61.6
	7986	5	0.2	-954.930	4.877	-2.437	25.00	25.00	-2.1	-115.0	-106.8	2.7	OK	OK	OK	OK	56.2	60.6
Plate 4-20	7986	1	0.2	-954.901	5.094	-2.437	25.00	25.00	-2.1	-115.0	-106.8	2.8	OK	OK	OK	OK	56.2	60.6
(SB20_HEB200_0.5gg)	6693	2	0.2	-947.503	6.389	-1.083	25.00	25.00	-2.0	-111.9	-108.2	3.5	OK	OK	OK	OK	57.0	58.9
	6694	3	0.2	-938.495	7.529	0.560	25.00	25.00	-2.0	-108.1	-110.0	4.2	OK	OK	OK	OK	57.9	56.9
	6695	4	0.2	-927.904	8.451	2.444	25.00	25.00	-2.0	-103.7	-111.9	4.7	OK	OK	OK	OK	58.9	54.6
	6692	5	0.2	-915.755	9.089	4.517	25.00	25.00	-2.1	-98.8	-114.0	5.0	OK	OK	OK	OK	60.0	52.0
Plate 4-21	6692	1	0.2	-915.877	8.992	4.517	25.00	25.00	-2.1	-98.8	-114.0	5.0	OK	OK	OK	OK	60.0	52.0
(SB20_HEB200_0.5gg)	5409	2	0.2	-903.804	9.299	6.472	25.00	25.00	-2.1	-94.1	-115.9	5.2	OK	OK	OK	OK	61.0	49.5
	5410	3	0.2	-891.026	9.679	8.520	25.00	25.00	-2.1	-89.1	-117.9	5.4	OK	OK	OK	OK	62.0	46.9
	5411	4	0.2	-877.548	9.701	10.601	25.00	25.00	-2.2	-84.1	-119.8	5.4	OK	OK	OK	OK	63.1	44.2
	5408	5	0.2	-863.372	8.935	12.624	25.00	25.00	-2.2	-79.0	-121.6	5.0	OK	OK	OK	OK	64.0	41.6
Plate 4-22	5408	1	0.2	-863.504	9.099	12.624	25.00	25.00	-2.2	-79.0	-121.6	5.1	OK	OK	OK	OK	64.0	41.6
(SB20_HEB200_0.5gg)	4815	2	0.2	-849.249	-0.232	13.600	25.00	25.00	-2.2	-75.7	-121.6	-0.1	OK	OK	OK	OK	64.0	39.8
	4816	3	0.2	-836.470	-12.178	12.351	25.00	25.00	-2.2	-76.3	-118.0	-6.8	OK	OK	OK	OK	62.1	40.2
	4817	4	0.2	-825.892	-27.906	8.102	25.00	25.00	-2.0	-82.3	-109.6	-15.5	OK	OK	OK	OK	57.7	43.3
	4818	5	0.2	-818.240	-48.586	0.000	25.00	25.00	-1.7	-95.1	-95.1	-27.0	OK	OK	OK	OK	50.0	50.0
Plate 1-1	10121	1	0.2	-818.194	48.727	0.000	25.00	25.00	-1.7	-95.1	-95.1	27.1	OK	OK	OK	OK	50.0	50.0
(SB20_HEB200_0.5gg)	8680	2	0.2	-825.765	28.021	7.686	25.00	25.00	-2.0	-83.0	-108.9	15.6	OK	OK	OK	OK	57.3	43.7
	8681	3	0.2	-836.270	12.273	12.342	25.00	25.00	-2.2	-76.3	-118.0	6.8	OK	OK	OK	OK	62.1	40.2
	8682	4	0.2	-848.987	0.316	13.604	25.00	25.00	-2.2	-75.7	-121.6	0.2	OK	OK	OK	OK	64.0	39.8
	8791	5	0.2	-863.196	-9.012	12.651	25.00	25.00	-2.2	-78.9	-121.6	-5.0	OK	OK	OK	OK	64.0	41.5
Plate 1-2	8791	1	0.2	-863.062	-8.891	12.651	25.00	25.00	-2.2	-78.9	-121.6	-4.9	OK	OK	OK	OK	64.0	41.5
(SB20_HEB200_0.5gg)	8792	2	0.2	-877.191	-9.700	10.642	25.00	25.00	-2.2	-83.9	-119.9	-5.4	OK	OK	OK	OK	63.1	44.2
	8793	3	0.2	-890.629	-9.696	8.569	25.00	25.00	-2.1	-89.0	-117.9	-5.4	OK	OK	OK	OK	62.1	46.8
	8794	4	0.2	-903.370	-9.315	6.526	25.00	25.00	-2.1	-93.9	-116.0	-5.2	OK	OK	OK	OK	61.0	49.4
	8805	5	0.2	-915.410	-8.989	4.578	25.00	25.00	-2.1	-98.6	-114.1	-5.0	OK	OK	OK	OK	60.0	51.9
Plate 1-3	8805	1	0.2	-915.289	-9.094	4.578	25.00	25.00	-2.1	-98.6	-114.1	-5.1	OK	OK	OK	OK	60.0	51.9
(SB20_HEB200_0.5gg)	8806	2	0.2	-927.500	-8.441	2.504	25.00	25.00	-2.0	-103.5	-112.0	-4.7	OK	OK	OK	OK	58.9	54.5
	8807	3	0.2	-938.154	-7.526	0.619	25.00	25.00	-2.0	-107.9	-110.0	-4.2	OK	OK	OK	OK	57.9	56.8
	8808	4	0.2	-947.229	-6.413	-1.029	25.00	25.00	-2.0	-111.8	-108.3	-3.6	OK	OK	OK	OK	57.0	58.8
	9825	5	0.2	-954.699	-5.166	-2.396	25.00	25.00	-2.1	-115.0	-106.9	-2.9	OK	OK	OK	OK	56.2	60.5
Plate 1-4	9825	1	0.2	-954.724	-4.940	-2.396	25.00	25.00	-2.1	-115.0	-106.9	-2.7	OK	OK	OK	OK	56.2	60.5
(SB20_HEB200_0.5gg)	9826	2	0.2	-960.099	-2.223	-3.227	25.00	25.00	-2.1	-117.0	-106.1	-1.2	OK	OK	OK	OK	55.8	61.6
	9827	3	0.2	-964.006	-0.246	-3.501	25.00	25.00	-2.1	-117.9	-106.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	55.8	62.1
	9828	4	0.2	-966.606	0.912	-3.408	25.00	25.00	-2.1	-118.0	-106.5	0.5	OK	OK	OK	OK	56.1	62.1
	10227	5	0.2	-968.061	1.176	-3.143	25.00	25.00	-2.1	-117.8	-107.2	0.7	OK	OK	OK	OK	56.4	62.0
Plate 1-5	10227	1	0.2	-968.227	1.843	-3.143	25.00	25.00	-2.1	-117.8	-107.2	1.0	OK	OK	OK	OK	56.4	62.0
(SB20_HEB200_0.5gg)	10228	2	0.2	-968.937	1.851	-2.700	25.00	25.00	-2.1	-117.1	-108.0	1.0	OK	OK	OK	OK	56.8	61.6
	10229	3	0.2	-969.361	1.580	-2.292	25.00	25.00	-2.1	-116.5	-108.7	0.9	OK	OK	OK	OK	57.2	61.3
	10230	4	0.2	-969.568	1.100	-1.972	25.00	25.00	-2.1	-116.0	-109.3	0.6	OK	OK	OK	OK	57.5	61.0
	11078	5	0.2	-969.624	0.483	-1.783	25.00	25.00	-2.1	-115.7	-109.6	0.3	OK	OK	OK	OK	57.7	60.9
Plate 1-6	11078	1	0.2	-969.658	0.203	-1.783	25.00	25.00	-2.1	-115.7	-109.6	0.1	OK	OK	OK	OK	57.7	60.9

(SB20_HEB200_0.5gg)	11079	2	0.2	-969.588	0.731	-1.669	25.00	25.00	-2.1	-115.5	-109.8	0.4	OK	OK	OK	OK	57.8	60.8
	11080	3	0.2	-969.422	0.887	-1.466	25.00	25.00	-2.1	-115.1	-110.1	0.5	OK	OK	OK	OK	58.0	60.6
	11081	4	0.2	-969.218	0.507	-1.293	25.00	25.00	-2.1	-114.8	-110.4	0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
	11092	5	0.2	-969.033	-0.579	-1.284	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.4	-0.3	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
Plate 1-7	11092	1	0.2	-969.035	-0.635	-1.284	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.4	-0.4	OK	OK	OK	OK	58.1	60.4
(SB20_HEB200_0.5gg)	11093	2	0.2	-968.582	-0.058	-1.370	25.00	25.00	-2.1	-114.8	-110.2	0.0	OK	OK	OK	OK	58.0	60.4
	11094	3	0.2	-967.980	0.393	-1.317	25.00	25.00	-2.1	-114.7	-110.2	0.2	OK	OK	OK	OK	58.0	60.4
	11095	4	0.2	-967.320	0.376	-1.222	25.00	25.00	-2.1	-114.4	-110.3	0.2	OK	OK	OK	OK	58.1	60.2
	11741	5	0.2	-966.697	-0.449	-1.208	25.00	25.00	-2.1	-114.3	-110.3	-0.2	OK	OK	OK	OK	58.0	60.2
Plate 1-8	11741	1	0.2	-966.905	-1.058	-1.208	25.00	25.00	-2.1	-114.4	-110.3	-0.6	OK	OK	OK	OK	58.0	60.2
(SB20_HEB200_0.5gg)	11742	2	0.2	-966.165	-0.380	-1.378	25.00	25.00	-2.1	-114.6	-109.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	57.9	60.3
	11743	3	0.2	-965.560	0.354	-1.382	25.00	25.00	-2.1	-114.5	-109.8	0.2	OK	OK	OK	OK	57.8	60.3
	11744	4	0.2	-965.110	1.139	-1.208	25.00	25.00	-2.1	-114.2	-110.1	0.6	OK	OK	OK	OK	57.9	60.1
	11755	5	0.2	-964.833	1.967	-0.842	25.00	25.00	-2.0	-113.5	-110.7	1.1	OK	OK	OK	OK	58.2	59.7

CABINA DI COLLEGAMENTO - TIME 04 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 3 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK					
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% extra	% intra
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2	-9.5	-138.6	-133.1	2.4	OK	OK	OK	OK	70.0	73.0
Plate 2-9	11755	1	0.2	-2533.041	4.334	-2.650	25.00	25.00	-9.4	-138.0	-134.4	1.6	OK	OK	OK	OK	70.8	72.6
(SB20_HEB200_3gg)	11756	2	0.2	-2539.205	2.832	-1.681	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-135.4	0.9	OK	OK	OK	OK	71.3	72.4
	11757	3	0.2	-2545.023	1.685	-1.045	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-136.0	0.1	OK	OK	OK	OK	71.6	72.4
	11758	4	0.2	-2550.545	0.222	-0.793	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-136.0	0.1	OK	OK	OK	OK	71.6	72.4
	11759	5	0.2	-2555.825	-2.227	-1.033	25.00	25.00	-9.4	-138.2	-136.0	-1.2	OK	OK	OK	OK	71.6	72.7
Plate 2-10	11759	1	0.2	-2556.122	-6.698	-1.015	25.00	25.00	-9.4	-138.2	-136.0	-3.7	OK	OK	OK	OK	71.6	72.7
(SB20_HEB200_3gg)	11038	2	0.2	-2558.675	-3.259	-2.378	25.00	25.00	-9.5	-139.7	-134.7	-1.8	OK	OK	OK	OK	70.9	73.5
	11039	3	0.2	-2561.233	-0.116	-2.802	25.00	25.00	-9.6	-140.3	-134.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	70.8	73.8
	11040	4	0.2	-2563.944	2.133	-2.524	25.00	25.00	-9.6	-140.2	-134.9	1.2	OK	OK	OK	OK	71.0	73.8
	11052	5	0.2	-2566.959	2.888	-1.802	25.00	25.00	-9.5	-139.6	-135.8	1.6	OK	OK	OK	OK	71.5	73.5
Plate 2-11	11052	1	0.2	-2566.796	-0.252	-1.818	25.00	25.00	-9.5	-139.6	-135.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	71.5	73.5
(SB20_HEB200_3gg)	11053	2	0.2	-2567.464	-2.172	-2.200	25.00	25.00	-9.6	-140.0	-135.4	-1.2	OK	OK	OK	OK	71.3	73.7
	11054	3	0.2	-2568.214	-2.336	-2.832	25.00	25.00	-9.6	-140.7	-134.8	-1.3	OK	OK	OK	OK	70.9	74.1
	11055	4	0.2	-2568.913	-1.156	-3.341	25.00	25.00	-9.7	-141.3	-134.3	-0.6	OK	OK	OK	OK	70.7	74.4
	11051	5	0.2	-2569.431	0.952	-3.383	25.00	25.00	-9.7	-141.4	-134.3	0.5	OK	OK	OK	OK	70.7	74.4
Plate 3-12	11051	1	0.2	-2569.431	-0.952	-3.383	25.00	25.00	-9.7	-141.4	-134.3	-0.5	OK	OK	OK	OK	70.7	74.4
(SB20_HEB200_3gg)	11019	2	0.2	-2568.913	1.156	-3.341	25.00	25.00	-9.7	-141.3	-134.3	0.6	OK	OK	OK	OK	70.7	74.4
	11020	3	0.2	-2568.215	2.336	-2.832	25.00	25.00	-9.6	-140.7	-134.8	1.3	OK	OK	OK	OK	70.9	74.1
	11021	4	0.2	-2567.466	2.172	-2.200	25.00	25.00	-9.6	-140.0	-135.4	1.2	OK	OK	OK	OK	71.3	73.7
	11018	5	0.2	-2566.798	0.251	-1.818	25.00	25.00	-9.5	-139.6	-135.8	0.1	OK	OK	OK	OK	71.5	73.5
Plate 3-13	11018	1	0.2	-2566.961	-2.889	-1.803	25.00	25.00	-9.5	-139.6	-135.8	-1.6	OK	OK	OK	OK	71.5	73.5
(SB20_HEB200_3gg)	10879	2	0.2	-2563.947	-2.133	-2.525	25.00	25.00	-9.6	-140.2	-134.9	-1.2	OK	OK	OK	OK	71.0	73.8
	10880	3	0.2	-2561.236	0.116	-2.802	25.00	25.00	-9.6	-140.3	-134.4	0.1	OK	OK	OK	OK	70.8	73.8
	10881	4	0.2	-2558.679	3.260	-2.378	25.00	25.00	-9.5	-139.7	-134.7	1.8	OK	OK	OK	OK	70.9	73.5
	11699	5	0.2	-2556.125	6.699	-1.014	25.00	25.00	-9.4	-138.2	-136.0	3.7	OK	OK	OK	OK	71.6	72.7
Plate 3-14	11699	1	0.2	-2555.828	2.229	-1.033	25.00	25.00	-9.4	-138.2	-136.0	1.2	OK	OK	OK	OK	71.6	72.7
(SB20_HEB200_3gg)	11700	2	0.2	-2550.548	-0.223	-0.792	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-136.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	71.6	72.4
	11701	3	0.2	-2545.026	-1.686	-1.045	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-135.4	-0.9	OK	OK	OK	OK	71.3	72.4
	11702	4	0.2	-2539.209	-2.832	-1.681	25.00	25.00	-9.4	-138.0	-134.4	-1.6	OK	OK	OK	OK	70.8	72.6
	11698	5	0.2	-2533.044	-4.332	-2.649	25.00	25.00	-9.5	-138.6	-133.1	-2.4	OK	OK	OK	OK	70.0	73.0
Plate 4-15	11698	1	0.2	-2532.967	-6.478	-2.642	25.00	25.00	-9.5	-138.6	-133.1	-3.6	OK	OK	OK	OK	70.0	73.0
(SB20_HEB200_3gg)	11684	2	0.2	-2526.611	-2.618	-3.672	25.00	25.00	-9.5	-139.4	-131.7	-1.5	OK	OK	OK	OK	69.3	73.3
	11685	3	0.2	-2520.097	-0.228	-3.969	25.00	25.00	-9.5	-139.3	-131.0	-0.1	OK	OK	OK	OK	68.9	73.3
	11686	4	0.2	-2513.581	0.698	-3.885	25.00	25.00	-9.5	-138.9	-130.7	0.4	OK	OK	OK	OK	68.8	73.1
	11687	5	0.2	-2507.220	0.168	-3.760	25.00	25.00	-9.5	-138.4	-130.5	0.1	OK	OK	OK	OK	68.7	72.8
Plate 4-16	11687	1	0.2	-2506.964	0.073	-3.764	25.00	25.00	-9.5	-138.4	-130.5	0.0	OK	OK	OK	OK	68.7	72.8
(SB20_HEB200_3gg)	10973	2	0.2	-2500.531	-1.193	-3.946	25.00	25.00	-9.5	-138.2	-130.0	-0.7	OK	OK	OK	OK	68.4	72.8
	10974	3	0.2	-2493.756	-0.694	-4.171	25.00	25.00	-9.4	-138.1	-129.4	-0.4	OK	OK	OK	OK	68.1	72.7
	10975	4	0.2	-2486.439	0.778	-4.188	25.00	25.00	-9.4	-137.7	-129.0	0.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.5
	10972	5	0.2	-2478.378	2.431	-3.800	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-128.9	1.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.1
Plate 4-17	10972	1	0.2	-2478.477	2.432	-3.804	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-128.9	1.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.1
(SB20_HEB200_3gg)	9894	2	0.2	-2469.866	-0.901	-3.642	25.00	25.00	-9.3	-136.3	-128.7	-0.5	OK	OK	OK	OK	67.7	71.7
	9895	3	0.2	-2461.450	-3.251	-4.140	25.00	25.00	-9.3	-136.4	-127.7	-1.8	OK	OK	OK	OK	67.2	71.8
	9896	4	0.2	-2453.101	-4.626	-5.076	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-126.3	-2.6	OK	OK	OK	OK	66.4	72.0
	9893	5	0.2	-2444.693	-5.036	-6.228	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-124.6	-2.8	OK	OK	OK	OK	65.6	72.4
Plate 4-18	9893	1	0.2	-2444.513	-5.092	-6.224	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-124.6	-2.8	OK	OK	OK	OK	65.6	72.4

(SB20_HEB200_3gg)	8661	2	0.2	-2436.277	-3.927	-7.295	25.00	25.00	-9.5	-138.3	-123.0	-2.2	OK	OK	OK	OK	64.7	72.8
	8662	3	0.2	-2427.062	-2.246	-8.005	25.00	25.00	-9.5	-138.6	-121.8	-1.2	OK	OK	OK	OK	64.1	72.9
	8663	4	0.2	-2416.647	-0.322	-8.295	25.00	25.00	-9.5	-138.3	-120.9	-0.2	OK	OK	OK	OK	63.6	72.8
	8660	5	0.2	-2404.811	1.569	-8.127	25.00	25.00	-9.4	-137.5	-120.5	0.9	OK	OK	OK	OK	63.4	72.4
Plate 4-19	8660	1	0.2	-2404.413	2.306	-8.113	25.00	25.00	-9.4	-137.5	-120.5	1.3	OK	OK	OK	OK	63.4	72.3
(SB20_HEB200_3gg)	7987	2	0.2	-2389.861	3.632	-7.435	25.00	25.00	-9.3	-136.0	-120.4	2.0	OK	OK	OK	OK	63.4	71.6
	7988	3	0.2	-2371.946	6.045	-6.297	25.00	25.00	-9.2	-133.8	-120.6	3.4	OK	OK	OK	OK	63.5	70.4
	7989	4	0.2	-2350.450	9.094	-4.548	25.00	25.00	-9.0	-130.8	-121.3	5.1	OK	OK	OK	OK	63.8	68.9
	7986	5	0.2	-2325.158	12.329	-2.045	25.00	25.00	-8.7	-126.9	-122.6	6.8	OK	OK	OK	OK	64.5	66.8
Plate 4-20	7986	1	0.2	-2325.293	12.986	-2.082	25.00	25.00	-8.7	-126.9	-122.5	7.2	OK	OK	OK	OK	64.5	66.8
(SB20_HEB200_3gg)	6693	2	0.2	-2295.736	14.005	1.025	25.00	25.00	-8.5	-122.1	-124.2	7.8	OK	OK	OK	OK	65.4	64.2
	6694	3	0.2	-2262.886	15.515	4.423	25.00	25.00	-8.6	-116.7	-126.0	8.6	OK	OK	OK	OK	66.3	61.4
	6695	4	0.2	-2226.714	16.925	8.135	25.00	25.00	-8.8	-110.9	-128.0	9.4	OK	OK	OK	OK	67.3	58.4
	6692	5	0.2	-2187.193	17.640	12.159	25.00	25.00	-8.9	-104.6	-130.1	9.8	OK	OK	OK	OK	68.4	55.0
Plate 4-21	6692	1	0.2	-2187.868	17.283	12.092	25.00	25.00	-8.9	-104.7	-130.0	9.6	OK	OK	OK	OK	68.4	55.1
(SB20_HEB200_3gg)	5409	2	0.2	-2149.883	14.091	15.327	25.00	25.00	-9.1	-99.2	-131.4	7.8	OK	OK	OK	OK	69.1	52.2
	5410	3	0.2	-2112.013	13.897	18.185	25.00	25.00	-9.1	-94.2	-132.3	7.7	OK	OK	OK	OK	69.7	49.6
	5411	4	0.2	-2073.988	16.191	21.254	25.00	25.00	-9.2	-89.0	-133.5	9.0	OK	OK	OK	OK	70.3	46.8
	5408	5	0.2	-2035.534	20.466	25.090	25.00	25.00	-9.4	-82.9	-135.5	11.4	OK	OK	OK	OK	71.3	43.6
Plate 4-22	5408	1	0.2	-2036.306	23.510	25.022	25.00	25.00	-9.4	-83.0	-135.4	13.1	OK	OK	OK	OK	71.3	43.7
(SB20_HEB200_3gg)	4815	2	0.2	-1998.760	1.514	27.766	25.00	25.00	-9.5	-78.1	-136.3	0.8	OK	OK	OK	OK	71.7	41.1
	4816	3	0.2	-1965.790	-25.749	25.356	25.00	25.00	-9.2	-78.9	-132.0	-14.3	OK	OK	OK	OK	69.5	41.5
	4817	4	0.2	-1939.206	-59.311	16.550	25.00	25.00	-8.4	-86.7	-121.4	-33.0	OK	OK	OK	OK	63.9	45.6
	4818	5	0.2	-1920.817	-100.203	-0.164	25.00	25.00	-7.0	-103.2	-102.9	-55.7	OK	OK	OK	OK	54.1	54.3
Plate 1-1	10121	1	0.2	-1920.886	99.846	-0.163	25.00	25.00	-7.0	-103.2	-102.9	55.5	OK	OK	OK	OK	54.1	54.3
(SB20_HEB200_3gg)	8680	2	0.2	-1939.113	59.548	16.464	25.00	25.00	-8.4	-86.7	-121.3	33.1	OK	OK	OK	OK	63.8	45.7
	8681	3	0.2	-1965.455	26.206	25.309	25.00	25.00	-9.1	-78.9	-131.9	14.6	OK	OK	OK	OK	69.4	41.5
	8682	4	0.2	-1998.165	-1.229	27.792	25.00	25.00	-9.5	-78.0	-136.3	-0.7	OK	OK	OK	OK	71.7	41.1
	8791	5	0.2	-2035.499	-23.808	25.067	25.00	25.00	-9.4	-82.9	-135.4	-13.2	OK	OK	OK	OK	71.3	43.6
Plate 1-2	8791	1	0.2	-2034.748	-20.749	25.135	25.00	25.00	-9.4	-82.8	-135.5	-11.5	OK	OK	OK	OK	71.3	43.6
(SB20_HEB200_3gg)	8792	2	0.2	-2072.997	-16.225	21.284	25.00	25.00	-9.2	-88.9	-133.5	-9.0	OK	OK	OK	OK	70.3	46.8
	8793	3	0.2	-2110.829	-13.765	18.242	25.00	25.00	-9.1	-94.1	-132.3	-7.6	OK	OK	OK	OK	69.6	49.5
	8794	4	0.2	-2148.529	-13.902	15.434	25.00	25.00	-9.1	-99.1	-131.4	-7.7	OK	OK	OK	OK	69.2	52.1
	8805	5	0.2	-2186.379	-17.170	12.249	25.00	25.00	-8.9	-104.4	-130.1	-9.5	OK	OK	OK	OK	68.5	55.0
Plate 1-3	8805	1	0.2	-2185.703	-17.552	12.316	25.00	25.00	-8.9	-104.3	-130.1	-9.8	OK	OK	OK	OK	68.5	54.9
(SB20_HEB200_3gg)	8806	2	0.2	-2225.381	-16.919	8.297	25.00	25.00	-8.8	-110.7	-128.1	-9.4	OK	OK	OK	OK	67.4	58.2
	8807	3	0.2	-2261.721	-15.572	4.573	25.00	25.00	-8.6	-116.5	-126.1	-8.7	OK	OK	OK	OK	66.4	61.3
	8808	4	0.2	-2294.748	-14.113	1.151	25.00	25.00	-8.5	-121.9	-124.3	-7.8	OK	OK	OK	OK	65.4	64.1
	9825	5	0.2	-2324.490	-13.147	-1.992	25.00	25.00	-8.7	-126.8	-122.6	-7.3	OK	OK	OK	OK	64.5	66.7
Plate 1-4	9825	1	0.2	-2324.348	-12.487	-1.954	25.00	25.00	-8.7	-126.7	-122.6	-6.9	OK	OK	OK	OK	64.5	66.7
(SB20_HEB200_3gg)	9826	2	0.2	-2349.818	-9.231	-4.495	25.00	25.00	-8.9	-130.7	-121.3	-5.1	OK	OK	OK	OK	63.9	68.8
	9827	3	0.2	-2371.456	-6.143	-6.274	25.00	25.00	-9.2	-133.8	-120.6	-3.4	OK	OK	OK	OK	63.5	70.4
	9828	4	0.2	-2389.479	-3.690	-7.432	25.00	25.00	-9.3	-135.9	-120.4	-2.1	OK	OK	OK	OK	63.4	71.6
	10227	5	0.2	-2404.103	-2.338	-8.120	25.00	25.00	-9.4	-137.5	-120.4	-1.3	OK	OK	OK	OK	63.4	72.3
Plate 1-5	10227	1	0.2	-2404.505	-1.596	-8.134	25.00	25.00	-9.4	-137.5	-120.4	-0.9	OK	OK	OK	OK	63.4	72.4
(SB20_HEB200_3gg)	10228	2	0.2	-2416.398	0.299	-8.308	25.00	25.00	-9.5	-138.3	-120.9	0.2	OK	OK	OK	OK	63.6	72.8
	10229	3	0.2	-2426.857	2.231	-8.023	25.00	25.00	-9.5	-138.6	-121.8	1.2	OK	OK	OK	OK	64.1	72.9
	10230	4	0.2	-2436.100	3.927	-7.313	25.00	25.00	-9.5	-138.3	-123.0	2.2	OK	OK	OK	OK	64.7	72.8
	11078	5	0.2	-2444.351	5.110	-6.240	25.00	25.00	-9.4	-137.6	-124.6	2.8	OK	OK	OK	OK	65.6	72.4
Plate 1-6	11078	1	0.2	-2444.533	5.062	-6.243	25.00	25.00	-9.4	-137.7	-124.6	2.8	OK	OK	OK	OK	65.6	72.4

(SB20_HEB200_3gg)	11079	2	0.2	-2452.955	4.653	-5.083	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-126.2	2.6	OK	OK	OK	OK	66.4	72.0
	11080	3	0.2	-2461.317	3.270	-4.141	25.00	25.00	-9.3	-136.4	-127.7	1.8	OK	OK	OK	OK	67.2	71.8
	11081	4	0.2	-2469.748	0.906	-3.638	25.00	25.00	-9.3	-136.3	-128.7	0.5	OK	OK	OK	OK	67.7	71.7
	11092	5	0.2	-2478.377	-2.448	-3.802	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-128.9	-1.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.1
Plate 1-7	11092	1	0.2	-2478.277	-2.445	-3.799	25.00	25.00	-9.4	-136.9	-128.9	-1.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.1
(SB20_HEB200_3gg)	11093	2	0.2	-2486.357	-0.783	-4.189	25.00	25.00	-9.4	-137.7	-129.0	-0.4	OK	OK	OK	OK	67.9	72.5
	11094	3	0.2	-2493.690	0.696	-4.172	25.00	25.00	-9.4	-138.1	-129.4	0.4	OK	OK	OK	OK	68.1	72.7
	11095	4	0.2	-2500.479	1.197	-3.946	25.00	25.00	-9.5	-138.2	-130.0	0.7	OK	OK	OK	OK	68.4	72.8
	11741	5	0.2	-2506.925	-0.077	-3.764	25.00	25.00	-9.5	-138.4	-130.5	0.0	OK	OK	OK	OK	68.7	72.8
Plate 1-8	11741	1	0.2	-2507.181	-0.172	-3.759	25.00	25.00	-9.5	-138.4	-130.5	-0.1	OK	OK	OK	OK	68.7	72.8
(SB20_HEB200_3gg)	11742	2	0.2	-2513.551	-0.701	-3.886	25.00	25.00	-9.5	-138.9	-130.7	-0.4	OK	OK	OK	OK	68.8	73.1
	11743	3	0.2	-2520.076	0.226	-3.970	25.00	25.00	-9.5	-139.3	-131.0	0.1	OK	OK	OK	OK	68.9	73.3
	11744	4	0.2	-2526.599	2.616	-3.673	25.00	25.00	-9.5	-139.4	-131.7	1.5	OK	OK	OK	OK	69.3	73.3
	11755	5	0.2	-2532.964	6.479	-2.642	25.00	25.00	-9.5	-138.6	-133.1	3.6	OK	OK	OK	OK	70.0	73.0

CABINA DI COLLEGAMENTO - TIME 05 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE - MATURAZIONE 28 gg

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI				CHECK						
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,inf}$ [MPa]	$\sigma_{s,sup}$ [MPa]	τ [MPa]	T	CLS	As	As'	% extra	% intra	
-	-	-	m	KN	KN	KN-m	cm2	cm2											
Plate 2-9	11755	1	0.2	-3677.571	10.484	-4.269	25.00	25.00	-14.95	-156.6	-149.2	5.8	OK	OK	OK	OK	78.5	82.4	
(SB20_HEB200_28gg)	11756	2	0.2	-3692.886	2.785	-2.551	25.00	25.00	-14.85	-155.8	-151.3	1.5	OK	OK	OK	OK	79.7	82.0	
	11757	3	0.2	-3706.891	-0.566	-2.331	25.00	25.00	-14.89	-156.2	-152.1	-0.3	OK	OK	OK	OK	80.1	82.2	
	11758	4	0.2	-3719.116	-0.177	-2.537	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-152.4	-0.1	OK	OK	OK	OK	80.2	82.6	
	11759	5	0.2	-3729.091	3.347	-2.154	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-153.2	1.9	OK	OK	OK	OK	80.6	82.6	
Plate 2-10	11759	1	0.2	-3729.196	1.774	-2.139	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-153.2	1.0	OK	OK	OK	OK	80.6	82.6	
(SB20_HEB200_28gg)	11038	2	0.2	-3737.128	1.195	-1.679	25.00	25.00	-14.95	-156.9	-153.9	0.7	OK	OK	OK	OK	81.0	82.6	
	11039	3	0.2	-3743.973	-0.579	-1.555	25.00	25.00	-14.97	-157.0	-154.3	-0.3	OK	OK	OK	OK	81.2	82.7	
	11040	4	0.2	-3749.964	-3.559	-2.110	25.00	25.00	-15.04	-157.8	-154.1	-2.0	OK	OK	OK	OK	81.1	83.0	
	11052	5	0.2	-3755.337	-7.756	-3.667	25.00	25.00	-15.20	-159.4	-153.0	-4.3	OK	OK	OK	OK	80.5	83.9	
Plate 2-11	11052	1	0.2	-3755.250	-9.512	-3.675	25.00	25.00	-15.20	-159.4	-153.0	-5.3	OK	OK	OK	OK	80.5	83.9	
(SB20_HEB200_28gg)	11053	2	0.2	-3759.966	-2.714	-5.337	25.00	25.00	-15.37	-161.0	-151.7	-1.5	OK	OK	OK	OK	79.8	84.7	
	11054	3	0.2	-3762.957	1.768	-5.359	25.00	25.00	-15.38	-161.1	-151.8	1.0	OK	OK	OK	OK	79.9	84.8	
	11055	4	0.2	-3764.617	2.904	-4.639	25.00	25.00	-15.33	-160.6	-152.5	1.6	OK	OK	OK	OK	80.3	84.5	
	11051	5	0.2	-3765.341	-0.335	-4.156	25.00	25.00	-15.28	-160.2	-153.0	-0.2	OK	OK	OK	OK	80.5	84.3	
Plate 3-12	11051	1	0.2	-3765.341	0.335	-4.156	25.00	25.00	-15.28	-160.2	-153.0	0.2	OK	OK	OK	OK	80.5	84.3	
(SB20_HEB200_28gg)	11019	2	0.2	-3764.612	-2.902	-4.639	25.00	25.00	-15.33	-160.6	-152.5	-1.6	OK	OK	OK	OK	80.3	84.5	
	11020	3	0.2	-3762.947	-1.765	-5.358	25.00	25.00	-15.38	-161.1	-151.8	-1.0	OK	OK	OK	OK	79.9	84.8	
	11021	4	0.2	-3759.951	2.714	-5.335	25.00	25.00	-15.37	-161.0	-151.7	1.5	OK	OK	OK	OK	79.8	84.7	
	11018	5	0.2	-3755.231	9.506	-3.675	25.00	25.00	-15.20	-159.4	-153.0	5.3	OK	OK	OK	OK	80.5	83.9	
Plate 3-13	11018	1	0.2	-3755.317	7.750	-3.666	25.00	25.00	-15.20	-159.4	-153.0	4.3	OK	OK	OK	OK	80.5	83.9	
(SB20_HEB200_28gg)	10879	2	0.2	-3749.941	3.556	-2.111	25.00	25.00	-15.04	-157.8	-154.1	2.0	OK	OK	OK	OK	81.1	83.0	
	10880	3	0.2	-3743.946	0.578	-1.556	25.00	25.00	-14.97	-157.0	-154.3	0.3	OK	OK	OK	OK	81.2	82.7	
	10881	4	0.2	-3737.096	-1.194	-1.680	25.00	25.00	-14.95	-156.9	-153.9	-0.7	OK	OK	OK	OK	81.0	82.6	
	11699	5	0.2	-3729.159	-1.772	-2.139	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-153.2	-1.0	OK	OK	OK	OK	80.6	82.6	
Plate 3-14	11699	1	0.2	-3729.054	-3.347	-2.155	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-153.2	-1.9	OK	OK	OK	OK	80.6	82.6	
(SB20_HEB200_28gg)	11700	2	0.2	-3719.073	0.178	-2.537	25.00	25.00	-14.96	-156.9	-152.4	0.1	OK	OK	OK	OK	80.2	82.6	
	11701	3	0.2	-3706.843	0.567	-2.331	25.00	25.00	-14.89	-156.2	-152.1	0.3	OK	OK	OK	OK	80.1	82.2	
	11702	4	0.2	-3692.832	-2.785	-2.551	25.00	25.00	-14.85	-155.8	-151.3	-1.5	OK	OK	OK	OK	79.7	82.0	
	11698	5	0.2	-3677.512	-10.485	-4.270	25.00	25.00	-14.95	-156.6	-149.2	-5.8	OK	OK	OK	OK	78.5	82.4	
Plate 4-15	11698	1	0.2	-3677.596	-10.709	-4.257	25.00	25.00	-14.95	-156.6	-149.2	-5.9	OK	OK	OK	OK	78.5	82.4	
(SB20_HEB200_28gg)	11684	2	0.2	-3663.620	-4.679	-6.015	25.00	25.00	-15.05	-157.6	-147.1	-2.6	OK	OK	OK	OK	77.4	82.9	
	11685	3	0.2	-3648.873	-0.863	-6.613	25.00	25.00	-15.04	-157.5	-146.0	-0.5	OK	OK	OK	OK	76.8	82.9	
	11686	4	0.2	-3633.600	0.644	-6.596	25.00	25.00	-14.98	-156.8	-145.4	0.4	OK	OK	OK	OK	76.5	82.5	
	11687	5	0.2	-3618.046	-0.251	-6.504	25.00	25.00	-14.91	-156.1	-144.8	-0.1	OK	OK	OK	OK	76.2	82.2	
Plate 4-16	11687	1	0.2	-3617.816	-0.296	-6.506	25.00	25.00	-14.91	-156.1	-144.8	-0.2	OK	OK	OK	OK	76.2	82.2	
(SB20_HEB200_28gg)	10973	2	0.2	-3602.638	-0.219	-6.617	25.00	25.00	-14.86	-155.6	-144.1	-0.1	OK	OK	OK	OK	75.8	81.9	
	10974	3	0.2	-3587.078	1.456	-6.462	25.00	25.00	-14.79	-154.8	-143.5	0.8	OK	OK	OK	OK	75.5	81.5	
	10975	4	0.2	-3570.879	3.640	-5.886	25.00	25.00	-14.67	-153.6	-143.4	2.0	OK	OK	OK	OK	75.5	80.9	
	10972	5	0.2	-3553.787	5.249	-4.810	25.00	25.00	-14.51	-152.0	-143.6	2.9	OK	OK	OK	OK	75.6	80.0	
Plate 4-17	10972	1	0.2	-3553.985	5.333	-4.815	25.00	25.00	-14.51	-152.0	-143.6	3.0	OK	OK	OK	OK	75.6	80.0	
(SB20_HEB200_28gg)	9894	2	0.2	-3535.526	-1.616	-4.399	25.00	25.00	-14.40	-150.9	-143.2	-0.9	OK	OK	OK	OK	75.4	79.4	
	9895	3	0.2	-3517.800	-6.989	-5.449	25.00	25.00	-14.42	-151.0	-141.5	-3.9	OK	OK	OK	OK	74.5	79.5	
	9896	4	0.2	-3500.582	-10.325	-7.504	25.00	25.00	-14.54	-152.1	-139.0	-5.7	OK	OK	OK	OK	73.2	80.1	
	9893	5	0.2	-3483.647	-11.161	-10.082	25.00	25.00	-14.70	-153.6	-136.1	-6.2	OK	OK	OK	OK	71.6	80.9	
Plate 4-18	9893	1	0.2	-3483.277	-10.231	-10.071	25.00	25.00	-14.70	-153.6	-136.1	-5.7	OK	OK	OK	OK	71.6	80.9	

(SB20_HEB200_28gg)	8661	2	0.2	-3466.909	-8.801	-12.381	25.00	25.00	-14.84	-154.9	-133.4	-4.9	OK	OK	OK	OK	70.2	81.6
	8662	3	0.2	-3448.340	-4.074	-13.919	25.00	25.00	-14.90	-155.5	-131.3	-2.3	OK	OK	OK	OK	69.1	81.8
	8663	4	0.2	-3426.905	3.150	-14.076	25.00	25.00	-14.83	-154.8	-130.3	1.8	OK	OK	OK	OK	68.6	81.5
	8660	5	0.2	-3401.938	12.074	-12.297	25.00	25.00	-14.57	-152.2	-130.8	6.7	OK	OK	OK	OK	68.8	80.1
Plate 4-19	8660	1	0.2	-3401.569	11.769	-12.295	25.00	25.00	-14.57	-152.2	-130.8	6.5	OK	OK	OK	OK	68.8	80.1
(SB20_HEB200_28gg)	7987	2	0.2	-3370.626	14.237	-9.171	25.00	25.00	-14.17	-148.1	-132.2	7.9	OK	OK	OK	OK	69.6	78.0
	7988	3	0.2	-3334.763	13.711	-5.843	25.00	25.00	-13.73	-143.8	-133.6	7.6	OK	OK	OK	OK	70.3	75.7
	7989	4	0.2	-3294.190	10.436	-2.971	25.00	25.00	-13.31	-139.6	-134.4	5.8	OK	OK	OK	OK	70.7	73.5
	7986	5	0.2	-3249.120	4.655	-1.178	25.00	25.00	-12.97	-136.1	-134.1	2.6	OK	OK	OK	OK	70.6	71.7
Plate 4-20	7986	1	0.2	-3249.352	6.736	-1.214	25.00	25.00	-12.98	-136.2	-134.1	3.7	OK	OK	OK	OK	70.6	71.7
(SB20_HEB200_28gg)	6693	2	0.2	-3199.863	9.123	0.509	25.00	25.00	-12.72	-132.6	-133.5	5.1	OK	OK	OK	OK	70.3	69.8
	6694	3	0.2	-3146.049	14.671	3.234	25.00	25.00	-12.75	-128.0	-133.6	8.2	OK	OK	OK	OK	70.3	67.4
	6695	4	0.2	-3087.607	21.559	7.362	25.00	25.00	-12.89	-122.0	-134.8	12.0	OK	OK	OK	OK	70.9	64.2
	6692	5	0.2	-3024.235	27.964	13.178	25.00	25.00	-13.16	-114.3	-137.2	15.5	OK	OK	OK	OK	72.2	60.2
Plate 4-21	6692	1	0.2	-3025.574	23.913	13.124	25.00	25.00	-13.16	-114.4	-137.2	13.3	OK	OK	OK	OK	72.2	60.2
(SB20_HEB200_28gg)	5409	2	0.2	-2965.104	25.182	18.313	25.00	25.00	-13.38	-107.4	-139.2	14.0	OK	OK	OK	OK	73.3	56.5
	5410	3	0.2	-2907.153	28.034	23.922	25.00	25.00	-13.66	-100.1	-141.7	15.6	OK	OK	OK	OK	74.6	52.7
	5411	4	0.2	-2851.493	32.402	30.300	25.00	25.00	-14.01	-92.2	-145.0	18.0	OK	OK	OK	OK	76.3	48.5
	5408	5	0.2	-2797.897	38.218	37.799	25.00	25.00	-14.47	-83.4	-149.2	21.2	OK	OK	OK	OK	78.6	43.9
Plate 4-22	5408	1	0.2	-2797.975	42.775	37.736	25.00	25.00	-14.46	-83.5	-149.2	23.8	OK	OK	OK	OK	78.5	44.0
(SB20_HEB200_28gg)	4815	2	0.2	-2746.861	9.506	43.467	25.00	25.00	-14.77	-76.4	-152.1	5.3	OK	OK	OK	OK	80.0	40.2
	4816	3	0.2	-2701.173	-34.991	41.087	25.00	25.00	-14.38	-76.6	-148.1	-19.4	OK	OK	OK	OK	77.9	40.3
	4817	4	0.2	-2663.849	-93.955	27.660	25.00	25.00	-13.03	-86.7	-134.8	-52.2	OK	OK	OK	OK	71.0	45.6
	4818	5	0.2	-2637.829	-170.624	-0.141	25.00	25.00	-10.46	-109.8	-109.6	-94.8	OK	OK	OK	OK	57.7	57.8
Plate 1-1	10121	1	0.2	-2638.579	170.188	-0.140	25.00	25.00	-10.46	-109.8	-109.6	94.5	OK	OK	OK	OK	57.7	57.8
(SB20_HEB200_28gg)	8680	2	0.2	-2664.466	94.326	27.527	25.00	25.00	-13.02	-86.8	-134.8	52.4	OK	OK	OK	OK	70.9	45.7
	8681	3	0.2	-2701.469	35.763	41.023	25.00	25.00	-14.38	-76.6	-148.0	19.9	OK	OK	OK	OK	77.9	40.3
	8682	4	0.2	-2746.742	-8.872	43.548	25.00	25.00	-14.78	-76.3	-152.1	-4.9	OK	OK	OK	OK	80.1	40.2
	8791	5	0.2	-2797.438	-42.950	37.907	25.00	25.00	-14.48	-83.3	-149.3	-23.9	OK	OK	OK	OK	78.6	43.9
Plate 1-2	8791	1	0.2	-2797.408	-38.496	37.969	25.00	25.00	-14.48	-83.3	-149.4	-21.4	OK	OK	OK	OK	78.6	43.8
(SB20_HEB200_28gg)	8792	2	0.2	-2850.617	-32.607	30.453	25.00	25.00	-14.02	-92.0	-145.0	-18.1	OK	OK	OK	OK	76.3	48.4
	8793	3	0.2	-2905.908	-28.141	24.072	25.00	25.00	-13.67	-99.9	-141.8	-15.6	OK	OK	OK	OK	74.6	52.6
	8794	4	0.2	-2963.514	-25.188	18.478	25.00	25.00	-13.39	-107.2	-139.3	-14.0	OK	OK	OK	OK	73.3	56.4
	8805	5	0.2	-3023.671	-23.836	13.321	25.00	25.00	-13.17	-114.1	-137.3	-13.2	OK	OK	OK	OK	72.3	60.1
Plate 1-3	8805	1	0.2	-3022.337	-27.931	13.375	25.00	25.00	-13.17	-114.0	-137.3	-15.5	OK	OK	OK	OK	72.3	60.0
(SB20_HEB200_28gg)	8806	2	0.2	-3085.889	-21.645	7.542	25.00	25.00	-12.90	-121.8	-134.9	-12.0	OK	OK	OK	OK	71.0	64.1
	8807	3	0.2	-3144.531	-14.814	3.380	25.00	25.00	-12.76	-127.8	-133.7	-8.2	OK	OK	OK	OK	70.4	67.3
	8808	4	0.2	-3198.557	-9.270	0.617	25.00	25.00	-12.72	-132.5	-133.5	-5.1	OK	OK	OK	OK	70.3	69.7
	9825	5	0.2	-3248.262	-6.844	-1.140	25.00	25.00	-12.97	-136.1	-134.1	-3.8	OK	OK	OK	OK	70.6	71.6
Plate 1-4	9825	1	0.2	-3248.022	-4.750	-1.103	25.00	25.00	-12.96	-136.0	-134.1	-2.6	OK	OK	OK	OK	70.6	71.6
(SB20_HEB200_28gg)	9826	2	0.2	-3293.311	-10.494	-2.916	25.00	25.00	-13.30	-139.5	-134.4	-5.8	OK	OK	OK	OK	70.7	73.4
	9827	3	0.2	-3334.065	-13.735	-5.801	25.00	25.00	-13.72	-143.7	-133.6	-7.6	OK	OK	OK	OK	70.3	75.6
	9828	4	0.2	-3370.075	-14.244	-9.136	25.00	25.00	-14.17	-148.1	-132.2	-7.9	OK	OK	OK	OK	69.6	77.9
	10227	5	0.2	-3401.133	-11.793	-12.267	25.00	25.00	-14.57	-152.1	-130.8	-6.6	OK	OK	OK	OK	68.8	80.1
Plate 1-5	10227	1	0.2	-3401.502	-12.076	-12.269	25.00	25.00	-14.57	-152.1	-130.8	-6.7	OK	OK	OK	OK	68.8	80.1
(SB20_HEB200_28gg)	10228	2	0.2	-3426.575	-3.245	-14.064	25.00	25.00	-14.83	-154.7	-130.3	-1.8	OK	OK	OK	OK	68.6	81.4
	10229	3	0.2	-3448.093	3.963	-13.932	25.00	25.00	-14.90	-155.5	-131.3	2.2	OK	OK	OK	OK	69.1	81.8
	10230	4	0.2	-3466.718	8.737	-12.414	25.00	25.00	-14.84	-155.0	-133.4	4.9	OK	OK	OK	OK	70.2	81.6
	11078	5	0.2	-3483.111	10.265	-10.105	25.00	25.00	-14.70	-153.6	-136.0	5.7	OK	OK	OK	OK	71.6	80.9
Plate 1-6	11078	1	0.2	-3483.486	11.175	-10.116	25.00	25.00	-14.70	-153.7	-136.1	6.2	OK	OK	OK	OK	71.6	80.9

(SB20_HEB200_28gg)	11079	2	0.2	-3500.439	10.368	-7.527	25.00	25.00	-14.54	-152.1	-139.0	5.8	OK	OK	OK	OK	73.2	80.1
	11080	3	0.2	-3517.673	7.037	-5.458	25.00	25.00	-14.42	-151.0	-141.5	3.9	OK	OK	OK	OK	74.5	79.5
	11081	4	0.2	-3535.416	1.647	-4.397	25.00	25.00	-14.40	-150.8	-143.2	0.9	OK	OK	OK	OK	75.4	79.4
	11092	5	0.2	-3553.899	-5.341	-4.810	25.00	25.00	-14.51	-152.0	-143.6	-3.0	OK	OK	OK	OK	75.6	80.0
Plate 1-7	11092	1	0.2	-3553.698	-5.248	-4.805	25.00	25.00	-14.50	-152.0	-143.6	-2.9	OK	OK	OK	OK	75.6	80.0
(SB20_HEB200_28gg)	11093	2	0.2	-3570.819	-3.647	-5.884	25.00	25.00	-14.67	-153.6	-143.4	-2.0	OK	OK	OK	OK	75.5	80.8
	11094	3	0.2	-3587.041	-1.460	-6.462	25.00	25.00	-14.79	-154.8	-143.5	-0.8	OK	OK	OK	OK	75.5	81.5
	11095	4	0.2	-3602.621	0.219	-6.618	25.00	25.00	-14.86	-155.6	-144.1	0.1	OK	OK	OK	OK	75.8	81.9
	11741	5	0.2	-3617.814	0.299	-6.506	25.00	25.00	-14.91	-156.1	-144.8	0.2	OK	OK	OK	OK	76.2	82.2
Plate 1-8	11741	1	0.2	-3618.045	0.256	-6.504	25.00	25.00	-14.91	-156.1	-144.8	0.1	OK	OK	OK	OK	76.2	82.2
(SB20_HEB200_28gg)	11742	2	0.2	-3633.613	-0.646	-6.596	25.00	25.00	-14.98	-156.8	-145.4	-0.4	OK	OK	OK	OK	76.5	82.5
	11743	3	0.2	-3648.901	0.857	-6.614	25.00	25.00	-15.04	-157.5	-146.0	0.5	OK	OK	OK	OK	76.8	82.9
	11744	4	0.2	-3663.663	4.673	-6.016	25.00	25.00	-15.05	-157.6	-147.1	2.6	OK	OK	OK	OK	77.4	82.9
	11755	5	0.2	-3677.655	10.708	-4.257	25.00	25.00	-14.95	-156.6	-149.2	5.9	OK	OK	OK	OK	78.5	82.4

(SB20_HEB200_28gg)	8661	2	0.2	-3966.254	-8.945	-12.109	25.00	25.00	-16.8	-175.5	-154.4	-5.0	OK	OK	OK	OK	81.3	92.4
	8662	3	0.2	-3949.190	-2.679	-13.480	25.00	25.00	-16.8	-176.0	-152.5	-1.5	OK	OK	OK	OK	80.3	92.6
	8663	4	0.2	-3927.634	5.501	-13.213	25.00	25.00	-16.7	-174.8	-151.8	3.1	OK	OK	OK	OK	79.9	92.0
	8660	5	0.2	-3900.783	13.373	-10.939	25.00	25.00	-16.4	-171.7	-152.7	7.4	OK	OK	OK	OK	80.4	90.4
Plate 4-19	8660	1	0.2	-3900.453	13.926	-10.939	25.00	25.00	-16.4	-171.7	-152.7	7.7	OK	OK	OK	OK	80.4	90.4
(SB20_HEB200_28gg)	7987	2	0.2	-3869.962	16.427	-6.590	25.00	25.00	-15.9	-166.7	-155.2	9.1	OK	OK	OK	OK	81.7	87.7
	7988	3	0.2	-3835.079	15.999	-3.426	25.00	25.00	-15.5	-162.5	-156.5	8.9	OK	OK	OK	OK	82.4	85.5
	7989	4	0.2	-3796.087	11.875	-0.091	25.00	25.00	-15.0	-157.9	-157.8	6.6	OK	OK	OK	OK	83.0	83.1
	7986	5	0.2	-3753.268	3.285	1.792	25.00	25.00	-15.0	-154.5	-157.6	1.8	OK	OK	OK	OK	83.0	81.3
Plate 4-20	7986	1	0.2	-3754.520	3.269	1.783	25.00	25.00	-15.0	-154.6	-157.7	1.8	OK	OK	OK	OK	83.0	81.4
(SB20_HEB200_28gg)	6693	2	0.2	-3706.581	4.117	2.394	25.00	25.00	-14.9	-152.1	-156.2	2.3	OK	OK	OK	OK	82.2	80.0
	6694	3	0.2	-3655.474	-1.035	3.464	25.00	25.00	-14.8	-149.0	-155.0	-0.6	OK	OK	OK	OK	81.6	78.4
	6695	4	0.2	-3604.810	-30.244	-0.018	25.00	25.00	-14.3	-149.9	-149.9	-16.8	OK	OK	OK	OK	78.9	78.9
	6692	5	0.2	-3558.196	-101.566	-14.362	25.00	25.00	-15.4	-160.5	-135.5	-56.4	OK	OK	OK	OK	71.3	84.5
Plate 4-21	6692	1	0.2															
(SB20_HEB200_28gg)	5409	2	0.2															
ZONA GETTO MURETTA	5410	3	0.2															
	5411	4	0.2															
	5408	5	0.2															
Plate 4-22	5408	1	0.2															
(SB20_HEB200_28gg)	4815	2	0.2															
ZONA GETTO MURETTA	4816	3	0.2															
	4817	4	0.2															
	4818	5	0.2															
Plate 1-1	10121	1	0.2															
(SB20_HEB200_28gg)	8680	2	0.2															
ZONA GETTO MURETTA	8681	3	0.2															
	8682	4	0.2															
	8791	5	0.2															
Plate 1-2	8791	1	0.2															
(SB20_HEB200_28gg)	8792	2	0.2															
ZONA GETTO MURETTA	8793	3	0.2															
	8794	4	0.2															
	8805	5	0.2															
Plate 1-3	8805	1	0.2	-3548.047	98.907	-21.512	25.00	25.00	-16.0	-166.3	-128.8	54.9	OK	OK	OK	OK	67.8	87.5
(SB20_HEB200_28gg)	8806	2	0.2	-3604.699	49.327	-4.435	25.00	25.00	-14.7	-153.8	-146.0	27.4	OK	OK	OK	OK	76.9	80.9
	8807	3	0.2	-3660.076	17.786	3.244	25.00	25.00	-14.8	-149.4	-155.0	9.9	OK	OK	OK	OK	81.6	78.6
	8808	4	0.2	-3712.592	1.271	5.170	25.00	25.00	-15.2	-149.9	-158.9	0.7	OK	OK	OK	OK	83.6	78.9
	9825	5	0.2	-3760.661	-3.230	4.778	25.00	25.00	-15.3	-152.2	-160.5	-1.8	OK	OK	OK	OK	84.5	80.1
Plate 1-4	9825	1	0.2	-3760.956	-4.252	4.788	25.00	25.00	-15.3	-152.2	-160.6	-2.4	OK	OK	OK	OK	84.5	80.1
(SB20_HEB200_28gg)	9826	2	0.2	-3805.719	-13.943	2.552	25.00	25.00	-15.3	-156.0	-160.5	-7.7	OK	OK	OK	OK	84.5	82.1
	9827	3	0.2	-3846.204	-18.971	-1.405	25.00	25.00	-15.4	-161.2	-158.7	-10.5	OK	OK	OK	OK	83.5	84.8
	9828	4	0.2	-3882.005	-19.536	-6.031	25.00	25.00	-15.9	-166.7	-156.2	-10.9	OK	OK	OK	OK	82.2	87.7
	10227	5	0.2	-3912.712	-15.836	-10.282	25.00	25.00	-16.4	-171.7	-153.8	-8.8	OK	OK	OK	OK	80.9	90.3
Plate 1-5	10227	1	0.2	-3913.137	-16.425	-10.283	25.00	25.00	-16.4	-171.7	-153.8	-9.1	OK	OK	OK	OK	80.9	90.4
(SB20_HEB200_28gg)	10228	2	0.2	-3937.964	-6.445	-12.973	25.00	25.00	-16.8	-175.0	-152.5	-3.6	OK	OK	OK	OK	80.2	92.1
	10229	3	0.2	-3959.004	2.087	-13.425	25.00	25.00	-16.9	-176.3	-152.9	1.2	OK	OK	OK	OK	80.5	92.8
	10230	4	0.2	-3976.944	8.092	-12.195	25.00	25.00	-16.8	-176.0	-154.8	4.5	OK	OK	OK	OK	81.5	92.6
	11078	5	0.2	-3992.471	10.490	-9.914	25.00	25.00	-16.7	-174.7	-157.4	5.8	OK	OK	OK	OK	82.8	91.9
Plate 1-6	11078	1	0.2	-3992.886	11.552	-9.917	25.00	25.00	-16.7	-174.7	-157.4	6.4	OK	OK	OK	OK	82.8	91.9

(SB20_HEB200_28gg)	11079	2	0.2	-4009.236	9.649	-7.372	25.00	25.00	-16.5	-173.1	-160.3	5.4	OK	OK	OK	OK	84.4	91.1
	11080	3	0.2	-4025.988	5.839	-5.529	25.00	25.00	-16.4	-172.2	-162.6	3.2	OK	OK	OK	OK	85.6	90.6
	11081	4	0.2	-4043.270	0.604	-4.738	25.00	25.00	-16.4	-172.3	-164.0	0.3	OK	OK	OK	OK	86.3	90.7
	11092	5	0.2	-4061.209	-5.574	-5.314	25.00	25.00	-16.6	-173.5	-164.3	-3.1	OK	OK	OK	OK	86.5	91.3
Plate 1-7	11092	1	0.2	-4061.029	-5.798	-5.313	25.00	25.00	-16.6	-173.5	-164.3	-2.9	OK	OK	OK	OK	86.4	91.3
(SB20_HEB200_28gg)	11093	2	0.2	-4077.153	-3.687	-6.454	25.00	25.00	-16.7	-175.2	-163.9	-2.0	OK	OK	OK	OK	86.3	92.2
	11094	3	0.2	-4092.369	-1.373	-7.022	25.00	25.00	-16.8	-176.3	-164.1	-0.8	OK	OK	OK	OK	86.4	92.8
	11095	4	0.2	-4106.968	0.172	-7.163	25.00	25.00	-16.9	-177.0	-164.6	0.1	OK	OK	OK	OK	86.6	93.2
	11741	5	0.2	-4121.242	-0.025	-7.093	25.00	25.00	-17.0	-177.6	-165.2	0.0	OK	OK	OK	OK	87.0	93.4
Plate 1-8	11741	1	0.2	-4121.479	0.152	-7.093	25.00	25.00	-17.0	-177.6	-165.2	0.1	OK	OK	OK	OK	87.0	93.5
(SB20_HEB200_28gg)	11742	2	0.2	-4136.011	-0.714	-7.210	25.00	25.00	-17.0	-178.3	-165.7	-0.4	OK	OK	OK	OK	87.2	93.8
	11743	3	0.2	-4150.344	0.993	-7.225	25.00	25.00	-17.1	-178.9	-166.3	0.6	OK	OK	OK	OK	87.5	94.1
	11744	4	0.2	-4164.214	5.206	-6.546	25.00	25.00	-17.1	-178.9	-167.5	2.9	OK	OK	OK	OK	88.1	94.1
	11755	5	0.2	-4177.361	11.859	-4.584	25.00	25.00	-17.0	-177.7	-169.7	6.3	OK	OK	OK	OK	89.3	93.5

CABINA DI COLLEGAMENTO - TIME 08 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTI DEFINITIVI NON ARMATI

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI			CHECK			
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ_c [MPa]	$\sigma_{c,inf}$ [MPa]	τ [kPa]	T	CLS	CLS	M/N
Plate 9-35	11745	1	0.7	-1409.433	24.245	-2.878	0.00	0.00	-2.049	-1.978	38.5	OK	OK	OK	0.002
(Rck30_70cm_Calotta)	10809	2	0.7	-1429.460	18.483	2.702	0.00	0.00	-2.075	-2.009	29.3	OK	OK	OK	0.002
	10810	3	0.7	-1446.368	12.737	6.777	0.00	0.00	-2.149	-1.983	20.2	OK	OK	OK	0.005
	10811	4	0.7	-1461.302	6.992	9.351	0.00	0.00	-2.202	-1.973	11.1	OK	OK	OK	0.006
	11028	5	0.7	-1475.406	1.236	10.428	0.00	0.00	-2.235	-1.980	2.0	OK	OK	OK	0.007
Plate 9-36	11028	1	0.7	-1476.698	2.641	10.428	0.00	0.00	-2.237	-1.982	4.2	OK	OK	OK	0.007
(Rck30_70cm_Calotta)	11022	2	0.7	-1489.460	-1.118	10.495	0.00	0.00	-2.256	-1.999	-1.8	OK	OK	OK	0.007
	11023	3	0.7	-1501.416	-1.148	10.202	0.00	0.00	-2.270	-2.020	-1.8	OK	OK	OK	0.007
	11024	4	0.7	-1511.112	0.305	10.025	0.00	0.00	-2.281	-2.036	0.5	OK	OK	OK	0.007
	11041	5	0.7	-1517.093	0.995	10.262	0.00	0.00	-2.293	-2.042	1.6	OK	OK	OK	0.007
Plate 9-37	11041	1	0.7	-1517.885	2.402	10.262	0.00	0.00	-2.294	-2.043	3.8	OK	OK	OK	0.007
(Rck30_70cm_Calotta)	10992	2	0.7	-1522.881	-1.710	10.313	0.00	0.00	-2.302	-2.049	-2.7	OK	OK	OK	0.007
	10993	3	0.7	-1529.345	-4.101	9.519	0.00	0.00	-2.301	-2.068	-6.5	OK	OK	OK	0.006
	10994	4	0.7	-1535.505	-4.817	8.317	0.00	0.00	-2.295	-2.092	-7.6	OK	OK	OK	0.005
	10998	5	0.7	-1539.586	-3.907	7.144	0.00	0.00	-2.287	-2.112	-6.2	OK	OK	OK	0.005
Plate 10-38	10998	1	0.7	-1539.599	-3.723	7.144	0.00	0.00	-2.287	-2.112	-5.9	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_70cm_Calotta)	10999	2	0.7	-1540.488	-2.774	6.344	0.00	0.00	-2.278	-2.123	-4.4	OK	OK	OK	0.004
	11000	3	0.7	-1539.366	-3.752	5.522	0.00	0.00	-2.267	-2.131	-6.0	OK	OK	OK	0.004
	11001	4	0.7	-1537.905	-6.320	4.247	0.00	0.00	-2.249	-2.145	-10.0	OK	OK	OK	0.003
	11008	5	0.7	-1537.774	-10.143	2.117	0.00	0.00	-2.223	-2.171	-16.1	OK	OK	OK	0.001
Plate 10-39	11008	1	0.7	-1537.864	-9.371	2.117	0.00	0.00	-2.223	-2.171	-14.9	OK	OK	OK	0.001
(Rck30_70cm_Calotta)	10857	2	0.7	-1537.669	-7.137	-0.095	0.00	0.00	-2.198	-2.196	-11.3	OK	OK	OK	0.000
	10858	3	0.7	-1533.485	-4.026	-1.509	0.00	0.00	-2.209	-2.172	-6.4	OK	OK	OK	0.001
	10859	4	0.7	-1526.475	-1.684	-2.263	0.00	0.00	-2.208	-2.153	-2.7	OK	OK	OK	0.001
	10869	5	0.7	-1517.803	-1.752	-2.623	0.00	0.00	-2.200	-2.136	-2.8	OK	OK	OK	0.002
Plate 10-40	10869	1	0.7	-1517.489	1.314	-2.623	0.00	0.00	-2.200	-2.136	2.1	OK	OK	OK	0.002
(Rck30_70cm_Calotta)	10863	2	0.7	-1508.964	-4.735	-3.549	0.00	0.00	-2.199	-2.112	-7.5	OK	OK	OK	0.002
	10864	3	0.7	-1504.406	0.322	-3.970	0.00	0.00	-2.198	-2.101	0.5	OK	OK	OK	0.003
	10865	4	0.7	-1488.673	5.857	-3.340	0.00	0.00	-2.168	-2.086	9.3	OK	OK	OK	0.002
	11688	5	0.7	-1446.622	1.242	-1.955	0.00	0.00	-2.091	-2.043	2.0	OK	OK	OK	0.001
Plate 11-41	11688	1	0.7	-1443.603	0.552	-1.955	0.00	0.00	-2.086	-2.038	0.9	OK	OK	OK	0.001
(Rck30_70cm_Calotta)	10956	2	0.7	-1425.070	-13.677	-4.692	0.00	0.00	-2.093	-1.978	-21.7	OK	OK	OK	0.003
	10957	3	0.7	-1395.302	-7.377	-7.491	0.00	0.00	-2.085	-1.902	-11.7	OK	OK	OK	0.005
	10958	4	0.7	-1357.627	3.108	-8.468	0.00	0.00	-2.043	-1.836	4.9	OK	OK	OK	0.006
	10962	5	0.7	-1315.371	1.439	-7.145	0.00	0.00	-1.967	-1.792	2.3	OK	OK	OK	0.005
Plate 11-42	10962	1	0.7	-1317.317	4.739	-7.145	0.00	0.00	-1.969	-1.794	7.5	OK	OK	OK	0.005

(Rck30_70cm_Calotta)	9898	2	0.7	-1277.469	7.855	-5.152	0.00	0.00	-1.888	-1.762	12.5	OK	OK	OK	0.004
	9899	3	0.7	-1229.152	6.125	-3.222	0.00	0.00	-1.795	-1.716	9.7	OK	OK	OK	0.003
	9900	4	0.7	-1176.816	3.513	-1.773	0.00	0.00	-1.703	-1.659	5.6	OK	OK	OK	0.002
	9897	5	0.7	-1124.916	3.983	-0.879	0.00	0.00	-1.618	-1.596	6.3	OK	OK	OK	0.001
Plate 8-33	11068	1	0.7	-1100.642	-3.331	-18.111	0.00	0.00	-1.794	-1.351	-5.3	OK	OK	OK	0.016
(Rck30_70cm_Calotta)	11062	2	0.7	-1145.464	-4.210	-19.443	0.00	0.00	-1.874	-1.398	-6.7	OK	OK	OK	0.017
	11063	3	0.7	-1190.889	0.633	-19.865	0.00	0.00	-1.945	-1.458	1.0	OK	OK	OK	0.017
	11064	4	0.7	-1235.802	5.787	-19.056	0.00	0.00	-1.999	-1.532	9.2	OK	OK	OK	0.015
	11082	5	0.7	-1279.091	5.838	-17.161	0.00	0.00	-2.037	-1.617	9.3	OK	OK	OK	0.013
Plate 8-34	11082	1	0.7	-1277.003	8.036	-17.161	0.00	0.00	-2.034	-1.614	12.8	OK	OK	OK	0.013
(Rck30_70cm_Calotta)	11056	2	0.7	-1318.531	7.497	-15.091	0.00	0.00	-2.068	-1.699	11.9	OK	OK	OK	0.011
	11057	3	0.7	-1354.432	10.975	-12.514	0.00	0.00	-2.088	-1.782	17.4	OK	OK	OK	0.009
	11058	4	0.7	-1385.040	16.923	-8.657	0.00	0.00	-2.085	-1.873	26.9	OK	OK	OK	0.006
	11745	5	0.7	-1410.690	23.797	-2.878	0.00	0.00	-2.051	-1.980	37.8	OK	OK	OK	0.002
Plate 12-43	9897	1	0.8	-1286.421	5.608	-0.879	0.00	0.00	-1.616	-1.600	7.8	OK	OK	OK	0.001
(Rck30_80cm_Piedritto)	8665	2	0.8	-1238.082	3.017	0.252	0.00	0.00	-1.550	-1.545	4.2	OK	OK	OK	0.000
	8666	3	0.8	-1199.384	-2.228	0.361	0.00	0.00	-1.503	-1.496	-3.1	OK	OK	OK	0.000
	8667	4	0.8	-1166.291	-8.905	-0.951	0.00	0.00	-1.467	-1.449	-12.4	OK	OK	OK	0.001
	8664	5	0.8	-1134.769	-15.790	-3.988	0.00	0.00	-1.456	-1.381	-21.9	OK	OK	OK	0.004
Plate 12-44	8664	1	0.8	-1135.891	-15.596	-3.988	0.00	0.00	-1.457	-1.382	-21.7	OK	OK	OK	0.004
(Rck30_80cm_Piedritto)	7991	2	0.8	-1106.332	-23.965	-8.800	0.00	0.00	-1.465	-1.300	-33.3	OK	OK	OK	0.008
	7992	3	0.8	-1081.765	-32.340	-15.709	0.00	0.00	-1.499	-1.205	-44.9	OK	OK	OK	0.015
	7993	4	0.8	-1060.050	-39.566	-24.489	0.00	0.00	-1.555	-1.095	-55.0	OK	OK	OK	0.023
	7990	5	0.8	-1039.043	-44.485	-34.827	0.00	0.00	-1.625	-0.972	-61.8	OK	OK	OK	0.034
Plate 12-45	7990	1	0.8	-1042.221	-46.588	-34.827	0.00	0.00	-1.629	-0.976	-64.7	OK	OK	OK	0.033
(Rck30_80cm_Piedritto)	6702	2	0.8	-1023.349	-50.924	-46.560	0.00	0.00	-1.716	-0.843	-70.7	OK	OK	OK	0.045
	6701	3	0.8	-1012.463	-57.469	-59.969	0.00	0.00	-1.828	-0.703	-79.8	OK	OK	OK	0.059
	6700	4	0.8	-1009.715	-59.655	-74.253	0.00	0.00	-1.958	-0.566	-82.9	OK	OK	OK	0.074
	6696	5	0.8	-1015.256	-50.911	-88.121	0.00	0.00	-2.095	-0.443	-70.7	OK	OK	OK	0.087
Plate 7-30	8795	1	0.8	-1028.028	48.714	-84.885	0.00	0.00	-2.081	-0.489	67.7	OK	OK	OK	0.083
(Rck30_80cm_Piedritto)	8763	2	0.8	-1034.730	48.550	-72.909	0.00	0.00	-1.977	-0.610	67.4	OK	OK	OK	0.070
	8764	3	0.8	-1043.646	45.523	-61.431	0.00	0.00	-1.880	-0.729	63.2	OK	OK	OK	0.059
	8765	4	0.8	-1054.918	41.301	-50.790	0.00	0.00	-1.795	-0.842	57.4	OK	OK	OK	0.048
	9815	5	0.8	-1068.686	37.552	-41.199	0.00	0.00	-1.722	-0.950	52.2	OK	OK	OK	0.039
Plate 7-31	9815	1	0.8	-1065.696	36.505	-41.199	0.00	0.00	-1.718	-0.946	50.7	OK	OK	OK	0.039
(Rck30_80cm_Piedritto)	9809	2	0.8	-1081.138	31.264	-32.859	0.00	0.00	-1.659	-1.043	43.4	OK	OK	OK	0.030
	9810	3	0.8	-1098.514	24.226	-26.094	0.00	0.00	-1.618	-1.129	33.6	OK	OK	OK	0.024
	9811	4	0.8	-1118.543	16.599	-21.084	0.00	0.00	-1.596	-1.201	23.1	OK	OK	OK	0.019
	10217	5	0.8	-1141.943	9.587	-17.920	0.00	0.00	-1.595	-1.259	13.3	OK	OK	OK	0.016
Plate 7-32	10217	1	0.8	-1140.403	9.293	-17.920	0.00	0.00	-1.594	-1.258	12.9	OK	OK	OK	0.016

(Rck30_80cm_Piedritto)	10211	2	0.8	-1166.485	3.808	-16.293	0.00	0.00	-1.611	-1.305	5.3	OK	OK	OK	0.014
	10212	3	0.8	-1192.226	-1.427	-16.063	0.00	0.00	-1.641	-1.340	-2.0	OK	OK	OK	0.013
	10213	4	0.8	-1221.415	-4.814	-16.839	0.00	0.00	-1.685	-1.369	-6.7	OK	OK	OK	0.014
	11068	5	0.8	-1257.842	-4.755	-18.111	0.00	0.00	-1.742	-1.403	-6.6	OK	OK	OK	0.014
Plate 13-46	6696	1	0.8	-961.846	155.983	-88.121	0.00	0.00	-2.028	-0.376	216.6	OK	OK	OK	0.092
(Rck30_80cm_Muretta)	5222	2	0.8	-1043.041	3.229	-73.726	0.00	0.00	-1.995	-0.613	4.5	OK	OK	OK	0.071
	5221	3	0.8	-1164.139	-72.050	-80.935	0.00	0.00	-2.214	-0.696	-100.1	OK	OK	OK	0.070
	5220	4	0.8	-1282.770	-112.326	-101.159	0.00	0.00	-2.552	-0.655	-156.0	OK	OK	OK	0.079
	5216	5	0.8	-1356.563	-160.070	-128.491	0.00	0.00	-2.900	-0.491	-222.3	OK	OK	OK	0.095
Plate 6-29	8683	1	0.8	-1359.664	151.899	-127.147	0.00	0.00	-2.892	-0.508	211.0	OK	OK	OK	0.094
(Rck30_80cm_Muretta)	8684	2	0.8	-1285.073	109.858	-100.825	0.00	0.00	-2.552	-0.661	152.6	OK	OK	OK	0.078
	8685	3	0.8	-1173.418	73.385	-80.784	0.00	0.00	-2.224	-0.709	101.9	OK	OK	OK	0.069
	8686	4	0.8	-1060.968	3.332	-72.741	0.00	0.00	-2.008	-0.644	4.6	OK	OK	OK	0.069
	8795	5	0.8	-983.996	-139.446	-84.885	0.00	0.00	-2.026	-0.434	-193.7	OK	OK	OK	0.086
Plate 5-23	3773	1	0.8	-2981.782	8.272	84.770	0.00	0.00	-4.521	-2.932	11.5	OK	OK	OK	0.028
(Rck30_80cm_AR)	3777	2	0.8	-2991.999	14.703	87.695	0.00	0.00	-4.561	-2.918	20.4	OK	OK	OK	0.029
	3778	3	0.8	-3015.734	7.340	91.056	0.00	0.00	-4.623	-2.916	10.2	OK	OK	OK	0.030
	3779	4	0.8	-3017.207	-23.488	89.399	0.00	0.00	-4.609	-2.933	-32.6	OK	OK	OK	0.030
	4137	5	0.8	-2960.636	-87.452	76.540	0.00	0.00	-4.418	-2.983	-121.4	OK	OK	OK	0.026
Plate 5-24	4137	1	0.8	-2966.614	-96.279	76.540	0.00	0.00	-4.425	-2.990	-133.7	OK	OK	OK	0.026
(Rck30_80cm_AR)	4143	2	0.8	-2984.731	-89.627	51.863	0.00	0.00	-4.217	-3.244	-124.5	OK	OK	OK	0.017
	4142	3	0.8	-2958.036	-51.254	35.388	0.00	0.00	-4.029	-3.365	-71.2	OK	OK	OK	0.012
	4141	4	0.8	-2893.790	-27.247	25.281	0.00	0.00	-3.854	-3.380	-37.8	OK	OK	OK	0.009
	4713	5	0.8	-2799.258	-63.691	16.231	0.00	0.00	-3.651	-3.347	-88.4	OK	OK	OK	0.006
Plate 5-25	4713	1	0.8	-2810.715	-35.960	16.231	0.00	0.00	-3.665	-3.361	-49.9	OK	OK	OK	0.006
(Rck30_80cm_AR)	4716	2	0.8	-2722.444	-61.772	1.479	0.00	0.00	-3.416	-3.389	-85.8	OK	OK	OK	0.001
	4715	3	0.8	-2654.002	-14.988	-7.625	0.00	0.00	-3.389	-3.246	-20.8	OK	OK	OK	0.003
	4714	4	0.8	-2584.548	50.560	-4.402	0.00	0.00	-3.272	-3.189	70.2	OK	OK	OK	0.002
	5162	5	0.8	-2493.244	81.044	13.772	0.00	0.00	-3.245	-2.987	112.5	OK	OK	OK	0.006
Plate 5-26	5162	1	0.8	-2505.447	98.102	13.772	0.00	0.00	-3.261	-3.002	136.2	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_80cm_AR)	5168	2	0.8	-2465.534	74.598	33.713	0.00	0.00	-3.398	-2.766	103.6	OK	OK	OK	0.014
	5167	3	0.8	-2461.769	80.550	53.761	0.00	0.00	-3.581	-2.573	111.9	OK	OK	OK	0.022
	5166	4	0.8	-2447.798	75.495	72.723	0.00	0.00	-3.741	-2.378	104.8	OK	OK	OK	0.030
	6644	5	0.8	-2377.264	18.967	86.359	0.00	0.00	-3.781	-2.162	26.3	OK	OK	OK	0.036
Plate 5-27	6644	1	0.8	-2358.734	12.543	86.359	0.00	0.00	-3.757	-2.139	17.4	OK	OK	OK	0.037
(Rck30_80cm_AR)	6650	2	0.8	-2415.692	-105.568	72.788	0.00	0.00	-3.701	-2.337	-146.6	OK	OK	OK	0.030
	6649	3	0.8	-2377.317	-153.870	40.183	0.00	0.00	-3.348	-2.595	-213.7	OK	OK	OK	0.017
	6648	4	0.8	-2242.896	-160.067	0.007	0.00	0.00	-2.803	-2.803	-222.3	OK	OK	OK	0.000
	7044	5	0.8	-2011.715	-151.865	-38.369	0.00	0.00	-2.874	-2.155	-210.9	OK	OK	OK	0.019
Plate 14-48	4527	1	0.8	-2086.544	129.703	-58.875	0.00	0.00	-3.160	-2.056	180.1	OK	OK	OK	0.028

(Rck30_80cm_AR)	4289	2	0.8	-2315.829	145.793	-24.987	0.00	0.00	-3.129	-2.660	202.5	OK	OK	OK	0.011
	4288	3	0.8	-2447.594	146.325	12.502	0.00	0.00	-3.176	-2.942	203.2	OK	OK	OK	0.005
	4287	4	0.8	-2483.021	103.826	43.979	0.00	0.00	-3.516	-2.691	144.2	OK	OK	OK	0.018
	4293	5	0.8	-2423.292	-9.178	57.760	0.00	0.00	-3.570	-2.487	-12.7	OK	OK	OK	0.024
Plate 14-49	4293	1	0.8	-2441.374	-15.429	57.760	0.00	0.00	-3.593	-2.510	-21.4	OK	OK	OK	0.024
(Rck30_80cm_AR)	3760	2	0.8	-2506.730	-72.100	44.996	0.00	0.00	-3.555	-2.711	-100.1	OK	OK	OK	0.018
	3759	3	0.8	-2516.288	-77.453	26.825	0.00	0.00	-3.396	-2.894	-107.6	OK	OK	OK	0.011
	3758	4	0.8	-2514.798	-71.515	7.545	0.00	0.00	-3.214	-3.072	-99.3	OK	OK	OK	0.003
	3757	5	0.8	-2547.011	-94.314	-11.569	0.00	0.00	-3.292	-3.075	-131.0	OK	OK	OK	0.005
Plate 14-50	3757	1	0.8	-2535.470	-77.419	-11.569	0.00	0.00	-3.277	-3.061	-107.5	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_80cm_AR)	3693	2	0.8	-2616.952	-48.364	-28.983	0.00	0.00	-3.542	-2.999	-67.2	OK	OK	OK	0.011
	3692	3	0.8	-2681.326	16.009	-31.886	0.00	0.00	-3.650	-3.052	22.2	OK	OK	OK	0.012
	3691	4	0.8	-2746.534	63.948	-22.403	0.00	0.00	-3.643	-3.223	88.8	OK	OK	OK	0.008
	3697	5	0.8	-2830.519	43.698	-6.558	0.00	0.00	-3.599	-3.476	60.7	OK	OK	OK	0.002
Plate 14-51	3697	1	0.8	-2818.886	70.364	-6.558	0.00	0.00	-3.585	-3.462	97.7	OK	OK	OK	0.002
(Rck30_80cm_AR)	3439	2	0.8	-2909.650	38.211	4.760	0.00	0.00	-3.681	-3.592	53.1	OK	OK	OK	0.002
	3438	3	0.8	-2971.491	63.657	17.785	0.00	0.00	-3.881	-3.547	88.4	OK	OK	OK	0.006
	3437	4	0.8	-2996.522	101.649	37.338	0.00	0.00	-4.095	-3.395	141.2	OK	OK	OK	0.012
	3681	5	0.8	-2976.858	107.133	64.846	0.00	0.00	-4.328	-3.113	148.8	OK	OK	OK	0.022
Plate 14-52	3681	1	0.8	-2970.145	98.612	64.846	0.00	0.00	-4.320	-3.104	136.9	OK	OK	OK	0.022
(Rck30_80cm_AR)	3687	2	0.8	-3024.964	35.036	80.504	0.00	0.00	-4.535	-3.026	48.7	OK	OK	OK	0.027
	3686	3	0.8	-3020.813	4.757	85.109	0.00	0.00	-4.573	-2.978	6.6	OK	OK	OK	0.028
	3685	4	0.8	-2994.254	-2.510	84.757	0.00	0.00	-4.537	-2.948	-3.5	OK	OK	OK	0.028
	3773	5	0.8	-2981.849	2.948	84.770	0.00	0.00	-4.521	-2.932	4.1	OK	OK	OK	0.028

CABINA DI COLLEGAMENTO - TIME 09 - SEZIONE TIPO B0 - RIVESTIMENTI DEFINITIVI

OUTPUT PLAXIS							Intradosso	Estradosso	VERIFICHE SEZIONALI			CHECK			
Element	Node	Local Number	Height	N	V	M	Af	A'f	σ [Mpa]	$\sigma_{,inf}$ [MPa]	τ [kPa]	T	CLS	CLS	M/N
Plate 9-35	11745	1	0.7	-1893.087	28.993	-6.173	0.00	0.00	-2.780	-2.629	46.0	OK	OK	OK	0.003
(Rck30_70cm_Calotta)	10809	2	0.7	-1914.527	22.038	0.491	0.00	0.00	-2.741	-2.729	35.0	OK	OK	OK	0.000
	10810	3	0.7	-1932.043	15.263	5.351	0.00	0.00	-2.826	-2.695	24.2	OK	OK	OK	0.003
	10811	4	0.7	-1947.168	8.778	8.483	0.00	0.00	-2.886	-2.678	13.9	OK	OK	OK	0.004
	11028	5	0.7	-1961.436	2.692	9.973	0.00	0.00	-2.924	-2.680	4.3	OK	OK	OK	0.005
Plate 9-36	11028	1	0.7	-1962.743	4.197	9.973	0.00	0.00	-2.926	-2.682	6.7	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_70cm_Calotta)	11022	2	0.7	-1975.738	0.490	10.440	0.00	0.00	-2.950	-2.695	0.8	OK	OK	OK	0.005
	11023	3	0.7	-1987.875	0.836	10.620	0.00	0.00	-2.970	-2.710	1.3	OK	OK	OK	0.005
	11024	4	0.7	-1997.545	2.677	11.006	0.00	0.00	-2.988	-2.719	4.2	OK	OK	OK	0.006
	11041	5	0.7	-2003.138	3.454	11.887	0.00	0.00	-3.007	-2.716	5.5	OK	OK	OK	0.006
Plate 9-37	11041	1	0.7	-2004.060	5.091	11.887	0.00	0.00	-3.008	-2.717	8.1	OK	OK	OK	0.006
(Rck30_70cm_Calotta)	10992	2	0.7	-2008.829	0.372	12.555	0.00	0.00	-3.023	-2.716	0.6	OK	OK	OK	0.006
	10993	3	0.7	-2015.333	-2.365	12.255	0.00	0.00	-3.029	-2.729	-3.8	OK	OK	OK	0.006
	10994	4	0.7	-2021.684	-3.222	11.483	0.00	0.00	-3.029	-2.748	-5.1	OK	OK	OK	0.006
	10998	5	0.7	-2025.990	-2.301	10.725	0.00	0.00	-3.026	-2.763	-3.7	OK	OK	OK	0.005
Plate 10-38	10998	1	0.7	-2025.987	-1.903	10.725	0.00	0.00	-3.026	-2.763	-3.0	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_70cm_Calotta)	10999	2	0.7	-2026.593	-1.083	10.383	0.00	0.00	-3.022	-2.768	-1.7	OK	OK	OK	0.005
	11000	3	0.7	-2025.287	-2.303	9.980	0.00	0.00	-3.015	-2.771	-3.7	OK	OK	OK	0.005
	11001	4	0.7	-2023.915	-5.390	9.019	0.00	0.00	-3.002	-2.781	-8.6	OK	OK	OK	0.004
	11008	5	0.7	-2024.319	-10.166	7.020	0.00	0.00	-2.978	-2.806	-16.1	OK	OK	OK	0.003
Plate 10-39	11008	1	0.7	-2023.921	-8.884	7.020	0.00	0.00	-2.977	-2.805	-14.1	OK	OK	OK	0.003
(Rck30_70cm_Calotta)	10857	2	0.7	-2024.198	-7.120	4.852	0.00	0.00	-2.951	-2.832	-11.3	OK	OK	OK	0.002
	10858	3	0.7	-2020.042	-4.185	3.439	0.00	0.00	-2.928	-2.844	-6.6	OK	OK	OK	0.002
	10859	4	0.7	-2012.950	-2.452	2.562	0.00	0.00	-2.907	-2.844	-3.9	OK	OK	OK	0.001
	10869	5	0.7	-2004.418	-4.293	1.812	0.00	0.00	-2.886	-2.841	-6.8	OK	OK	OK	0.001
Plate 10-40	10869	1	0.7	-2003.613	-2.053	1.812	0.00	0.00	-2.884	-2.840	-3.3	OK	OK	OK	0.001
(Rck30_70cm_Calotta)	10863	2	0.7	-1994.228	-8.613	0.202	0.00	0.00	-2.851	-2.846	-13.7	OK	OK	OK	0.000
	10864	3	0.7	-1985.573	-10.448	-2.200	0.00	0.00	-2.863	-2.810	-16.6	OK	OK	OK	0.001
	10865	4	0.7	-1968.993	-12.586	-5.278	0.00	0.00	-2.877	-2.748	-20.0	OK	OK	OK	0.003
	11688	5	0.7	-1935.831	-20.055	-9.313	0.00	0.00	-2.880	-2.651	-31.8	OK	OK	OK	0.005
Plate 11-41	11688	1	0.7	-1936.579	-21.019	-9.313	0.00	0.00	-2.881	-2.653	-33.4	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_70cm_Calotta)	10956	2	0.7	-1910.583	-15.501	-14.909	0.00	0.00	-2.912	-2.547	-24.6	OK	OK	OK	0.008
	10957	3	0.7	-1873.053	-1.639	-17.139	0.00	0.00	-2.886	-2.466	-2.6	OK	OK	OK	0.009
	10958	4	0.7	-1828.635	10.936	-15.956	0.00	0.00	-2.808	-2.417	17.4	OK	OK	OK	0.009
	10962	5	0.7	-1781.973	12.596	-12.138	0.00	0.00	-2.694	-2.397	20.0	OK	OK	OK	0.007
Plate 11-42	10962	1	0.7	-1781.320	15.078	-12.138	0.00	0.00	-2.693	-2.396	23.9	OK	OK	OK	0.007

(Rck30_70cm_Calotta)	9898	2	0.7	-1732.941	19.637	-6.980	0.00	0.00	-2.561	-2.390	31.2	OK	OK	OK	0.004
	9899	3	0.7	-1672.254	17.170	-1.743	0.00	0.00	-2.410	-2.368	27.3	OK	OK	OK	0.001
	9900	4	0.7	-1602.109	10.897	2.366	0.00	0.00	-2.318	-2.260	17.3	OK	OK	OK	0.001
	9897	5	0.7	-1525.354	4.037	4.420	0.00	0.00	-2.233	-2.125	6.4	OK	OK	OK	0.003
Plate 8-33	11068	1	0.7	-1503.687	2.917	-16.288	0.00	0.00	-2.348	-1.949	4.6	OK	OK	OK	0.011
(Rck30_70cm_Calotta)	11062	2	0.7	-1571.993	-4.637	-16.838	0.00	0.00	-2.452	-2.040	-7.4	OK	OK	OK	0.011
	11063	3	0.7	-1634.953	-4.315	-18.089	0.00	0.00	-2.557	-2.114	-6.8	OK	OK	OK	0.011
	11064	4	0.7	-1691.998	-1.055	-19.000	0.00	0.00	-2.650	-2.184	-1.7	OK	OK	OK	0.011
	11082	5	0.7	-1742.556	0.209	-18.954	0.00	0.00	-2.721	-2.257	0.3	OK	OK	OK	0.011
Plate 8-34	11082	1	0.7	-1741.301	2.322	-18.954	0.00	0.00	-2.720	-2.255	3.7	OK	OK	OK	0.011
(Rck30_70cm_Calotta)	11056	2	0.7	-1789.657	3.385	-18.295	0.00	0.00	-2.781	-2.333	5.4	OK	OK	OK	0.010
	11057	3	0.7	-1831.267	9.213	-16.562	0.00	0.00	-2.819	-2.413	14.6	OK	OK	OK	0.009
	11058	4	0.7	-1866.263	18.165	-12.795	0.00	0.00	-2.823	-2.509	28.8	OK	OK	OK	0.007
	11745	5	0.7	-1894.772	28.598	-6.173	0.00	0.00	-2.782	-2.631	45.4	OK	OK	OK	0.003
Plate 12-43	9897	1	0.8	-1745.146	7.406	4.420	0.00	0.00	-2.223	-2.140	10.3	OK	OK	OK	0.003
(Rck30_80cm_Piedritto)	8665	2	0.8	-1668.934	-5.366	4.523	0.00	0.00	-2.129	-2.044	-7.5	OK	OK	OK	0.003
	8666	3	0.8	-1601.354	-13.746	2.192	0.00	0.00	-2.022	-1.981	-19.1	OK	OK	OK	0.001
	8667	4	0.8	-1539.914	-20.309	-2.038	0.00	0.00	-1.944	-1.906	-28.2	OK	OK	OK	0.001
	8664	5	0.8	-1482.119	-27.632	-7.823	0.00	0.00	-1.926	-1.779	-38.4	OK	OK	OK	0.005
Plate 12-44	8664	1	0.8	-1484.177	-28.042	-7.823	0.00	0.00	-1.929	-1.782	-38.9	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_80cm_Piedritto)	7991	2	0.8	-1437.342	-38.040	-15.887	0.00	0.00	-1.946	-1.648	-52.8	OK	OK	OK	0.011
	7992	3	0.8	-1397.789	-47.851	-26.398	0.00	0.00	-1.995	-1.500	-66.5	OK	OK	OK	0.019
	7993	4	0.8	-1363.193	-56.647	-39.156	0.00	0.00	-2.071	-1.337	-78.7	OK	OK	OK	0.029
	7990	5	0.8	-1331.229	-63.600	-53.901	0.00	0.00	-2.169	-1.159	-88.3	OK	OK	OK	0.040
Plate 12-45	7990	1	0.8	-1336.009	-66.037	-53.901	0.00	0.00	-2.175	-1.165	-91.7	OK	OK	OK	0.040
(Rck30_80cm_Piedritto)	6702	2	0.8	-1312.998	-70.416	-70.481	0.00	0.00	-2.302	-0.980	-97.8	OK	OK	OK	0.054
	6701	3	0.8	-1298.431	-74.027	-88.299	0.00	0.00	-2.451	-0.795	-102.8	OK	OK	OK	0.068
	6700	4	0.8	-1291.149	-71.741	-106.130	0.00	0.00	-2.609	-0.619	-99.6	OK	OK	OK	0.082
	6696	5	0.8	-1289.994	-58.428	-122.366	0.00	0.00	-2.760	-0.465	-81.1	OK	OK	OK	0.095
Plate 7-30	8795	1	0.8	-1350.051	59.906	-108.885	0.00	0.00	-2.708	-0.667	83.2	OK	OK	OK	0.081
(Rck30_80cm_Piedritto)	8763	2	0.8	-1362.412	60.098	-94.131	0.00	0.00	-2.585	-0.821	83.5	OK	OK	OK	0.069
	8764	3	0.8	-1376.478	57.290	-79.801	0.00	0.00	-2.469	-0.972	79.6	OK	OK	OK	0.058
	8765	4	0.8	-1392.738	53.003	-66.293	0.00	0.00	-2.362	-1.119	73.6	OK	OK	OK	0.048
	9815	5	0.8	-1411.678	48.758	-53.891	0.00	0.00	-2.270	-1.259	67.7	OK	OK	OK	0.038
Plate 7-31	9815	1	0.8	-1407.762	47.397	-53.891	0.00	0.00	-2.265	-1.254	65.8	OK	OK	OK	0.038
(Rck30_80cm_Piedritto)	9809	2	0.8	-1429.716	40.774	-43.029	0.00	0.00	-2.191	-1.384	56.6	OK	OK	OK	0.030
	9810	3	0.8	-1454.545	31.625	-34.212	0.00	0.00	-2.139	-1.497	43.9	OK	OK	OK	0.024
	9811	4	0.8	-1483.857	21.897	-27.642	0.00	0.00	-2.114	-1.596	30.4	OK	OK	OK	0.019
	10217	5	0.8	-1519.263	13.532	-23.379	0.00	0.00	-2.118	-1.680	18.8	OK	OK	OK	0.015
Plate 7-32	10217	1	0.8	-1517.153	12.699	-23.379	0.00	0.00	-2.116	-1.677	17.6	OK	OK	OK	0.015

(Rck30_80cm_Piedritto)	10211	2	0.8	-1561.687	9.395	-20.757	0.00	0.00	-2.147	-1.758	13.0	OK	OK	OK	0.013
	10212	3	0.8	-1607.352	7.649	-18.634	0.00	0.00	-2.184	-1.834	10.6	OK	OK	OK	0.012
	10213	4	0.8	-1658.824	5.318	-17.071	0.00	0.00	-2.234	-1.913	7.4	OK	OK	OK	0.010
	11068	5	0.8	-1720.778	0.263	-16.288	0.00	0.00	-2.304	-1.998	0.4	OK	OK	OK	0.009
Plate 13-46	6696	1	0.8	-1239.138	147.217	-122.366	0.00	0.00	-2.696	-0.402	204.5	OK	OK	OK	0.099
(Rck30_80cm_Muretta)	5222	2	0.8	-1313.452	-3.411	-109.493	0.00	0.00	-2.668	-0.615	-4.7	OK	OK	OK	0.083
	5221	3	0.8	-1428.083	-80.125	-118.186	0.00	0.00	-2.893	-0.677	-111.3	OK	OK	OK	0.083
	5220	4	0.8	-1540.688	-124.651	-140.464	0.00	0.00	-3.243	-0.609	-173.1	OK	OK	OK	0.091
	5216	5	0.8	-1608.926	-178.715	-170.982	0.00	0.00	-3.614	-0.408	-248.2	OK	OK	OK	0.106
Plate 6-29	8683	1	0.8	-1650.304	184.935	-166.716	0.00	0.00	-3.626	-0.500	256.9	OK	OK	OK	0.101
(Rck30_80cm_Muretta)	8684	2	0.8	-1587.301	133.346	-134.591	0.00	0.00	-3.246	-0.722	185.2	OK	OK	OK	0.085
	8685	3	0.8	-1484.299	90.288	-110.415	0.00	0.00	-2.891	-0.820	125.4	OK	OK	OK	0.074
	8686	4	0.8	-1378.745	16.477	-99.312	0.00	0.00	-2.654	-0.792	22.9	OK	OK	OK	0.072
	8795	5	0.8	-1308.087	-127.372	-108.885	0.00	0.00	-2.656	-0.614	-176.9	OK	OK	OK	0.083
Plate 5-23	3773	1	0.8	-3538.779	4.191	94.583	0.00	0.00	-5.309	-3.536	5.8	OK	OK	OK	0.027
(Rck30_80cm_AR)	3777	2	0.8	-3541.515	39.979	101.174	0.00	0.00	-5.375	-3.478	55.5	OK	OK	OK	0.029
	3778	3	0.8	-3558.220	30.754	110.555	0.00	0.00	-5.483	-3.411	42.7	OK	OK	OK	0.031
	3779	4	0.8	-3560.317	-14.569	113.441	0.00	0.00	-5.513	-3.387	-20.2	OK	OK	OK	0.032
	4137	5	0.8	-3519.228	-87.077	101.217	0.00	0.00	-5.347	-3.450	-120.9	OK	OK	OK	0.029
Plate 5-24	4137	1	0.8	-3518.682	-99.327	101.217	0.00	0.00	-5.346	-3.449	-137.9	OK	OK	OK	0.029
(Rck30_80cm_AR)	4143	2	0.8	-3536.148	-88.956	76.361	0.00	0.00	-5.135	-3.704	-123.5	OK	OK	OK	0.022
	4142	3	0.8	-3503.455	-52.343	59.943	0.00	0.00	-4.941	-3.817	-72.7	OK	OK	OK	0.017
	4141	4	0.8	-3430.580	-35.410	48.802	0.00	0.00	-4.745	-3.830	-49.2	OK	OK	OK	0.014
	4713	5	0.8	-3327.499	-84.074	36.317	0.00	0.00	-4.499	-3.818	-116.8	OK	OK	OK	0.011
Plate 5-25	4713	1	0.8	-3337.784	-55.175	36.317	0.00	0.00	-4.512	-3.831	-76.6	OK	OK	OK	0.011
(Rck30_80cm_AR)	4716	2	0.8	-3238.971	-91.597	15.291	0.00	0.00	-4.192	-3.905	-127.2	OK	OK	OK	0.005
	4715	3	0.8	-3159.945	-47.842	-1.673	0.00	0.00	-3.965	-3.934	-66.4	OK	OK	OK	0.001
	4714	4	0.8	-3079.761	20.490	-6.393	0.00	0.00	-3.909	-3.789	28.5	OK	OK	OK	0.002
	5162	5	0.8	-2977.475	57.802	5.127	0.00	0.00	-3.769	-3.673	80.3	OK	OK	OK	0.002
Plate 5-26	5162	1	0.8	-2991.648	75.616	5.127	0.00	0.00	-3.787	-3.691	105.0	OK	OK	OK	0.002
(Rck30_80cm_AR)	5168	2	0.8	-2937.807	67.827	21.221	0.00	0.00	-3.871	-3.473	94.2	OK	OK	OK	0.007
	5167	3	0.8	-2920.643	89.299	41.894	0.00	0.00	-4.043	-3.258	124.0	OK	OK	OK	0.014
	5166	4	0.8	-2897.354	88.975	63.678	0.00	0.00	-4.218	-3.024	123.6	OK	OK	OK	0.022
	6644	5	0.8	-2825.135	15.800	79.258	0.00	0.00	-4.274	-2.788	21.9	OK	OK	OK	0.028
Plate 5-27	6644	1	0.8	-2805.581	8.384	79.258	0.00	0.00	-4.249	-2.764	11.6	OK	OK	OK	0.028
(Rck30_80cm_AR)	6650	2	0.8	-2872.707	-137.820	61.188	0.00	0.00	-4.164	-3.017	-191.4	OK	OK	OK	0.021
	6649	3	0.8	-2843.841	-204.423	17.755	0.00	0.00	-3.721	-3.388	-283.9	OK	OK	OK	0.006
	6648	4	0.8	-2706.686	-208.833	-34.990	0.00	0.00	-3.711	-3.055	-290.0	OK	OK	OK	0.013
	7044	5	0.8	-2448.944	-168.460	-82.315	0.00	0.00	-3.832	-2.289	-233.9	OK	OK	OK	0.034
Plate 14-48	4527	1	0.8	-2477.421	154.607	-95.110	0.00	0.00	-3.988	-2.205	214.7	OK	OK	OK	0.038

(Rck30_80cm_AR)	4289	2	0.8	-2738.690	198.550	-50.810	0.00	0.00	-3.899	-2.947	275.7	OK	OK	OK	0.019
	4288	3	0.8	-2876.153	198.230	-0.079	0.00	0.00	-3.595	-3.594	275.3	OK	OK	OK	0.000
	4287	4	0.8	-2904.541	135.185	42.255	0.00	0.00	-4.026	-3.234	187.7	OK	OK	OK	0.015
	4293	5	0.8	-2838.584	-9.048	59.971	0.00	0.00	-4.110	-2.986	-12.6	OK	OK	OK	0.021
Plate 14-49	4293	1	0.8	-2857.671	-16.170	59.971	0.00	0.00	-4.134	-3.010	-22.5	OK	OK	OK	0.021
(Rck30_80cm_AR)	3760	2	0.8	-2927.327	-89.637	44.323	0.00	0.00	-4.074	-3.243	-124.5	OK	OK	OK	0.015
	3759	3	0.8	-2948.212	-91.393	22.160	0.00	0.00	-3.893	-3.477	-126.9	OK	OK	OK	0.008
	3758	4	0.8	-2962.593	-70.770	0.877	0.00	0.00	-3.711	-3.695	-98.3	OK	OK	OK	0.000
	3757	5	0.8	-3012.734	-77.100	-15.850	0.00	0.00	-3.914	-3.617	-107.1	OK	OK	OK	0.005
Plate 14-50	3757	1	0.8	-2998.976	-59.717	-15.850	0.00	0.00	-3.897	-3.600	-82.9	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_80cm_AR)	3693	2	0.8	-3095.114	-20.126	-27.489	0.00	0.00	-4.126	-3.611	-27.9	OK	OK	OK	0.009
	3692	3	0.8	-3171.771	49.033	-22.618	0.00	0.00	-4.176	-3.752	68.1	OK	OK	OK	0.007
	3691	4	0.8	-3248.833	94.154	-5.171	0.00	0.00	-4.109	-4.012	130.8	OK	OK	OK	0.002
	3697	5	0.8	-3346.187	61.632	16.877	0.00	0.00	-4.340	-4.024	85.6	OK	OK	OK	0.005
Plate 14-51	3697	1	0.8	-3335.194	89.885	16.877	0.00	0.00	-4.327	-4.010	124.8	OK	OK	OK	0.005
(Rck30_80cm_AR)	3439	2	0.8	-3436.739	44.880	31.317	0.00	0.00	-4.589	-4.002	62.3	OK	OK	OK	0.009
	3438	3	0.8	-3508.471	63.133	44.996	0.00	0.00	-4.807	-3.963	87.7	OK	OK	OK	0.013
	3437	4	0.8	-3540.475	99.313	64.079	0.00	0.00	-5.026	-3.824	137.9	OK	OK	OK	0.018
	3681	5	0.8	-3522.839	108.085	91.317	0.00	0.00	-5.259	-3.547	150.1	OK	OK	OK	0.026
Plate 14-52	3681	1	0.8	-3522.852	96.305	91.317	0.00	0.00	-5.259	-3.547	133.7	OK	OK	OK	0.026
(Rck30_80cm_AR)	3687	2	0.8	-3563.303	24.166	105.858	0.00	0.00	-5.446	-3.461	33.6	OK	OK	OK	0.030
	3686	3	0.8	-3560.092	-20.556	105.439	0.00	0.00	-5.438	-3.461	-28.5	OK	OK	OK	0.030
	3685	4	0.8	-3542.259	-29.498	98.619	0.00	0.00	-5.352	-3.503	-41.0	OK	OK	OK	0.028
	3773	5	0.8	-3538.848	5.700	94.583	0.00	0.00	-5.309	-3.537	7.9	OK	OK	OK	0.027