

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

GN02 – USCITA/ACCESSO DI EMERGENZA CARRABILE F1

ELABORATI GENERALI

Relazione di calcolo uscita di emergenza

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 25/01/2023	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. Tanzini

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV. SCALA:

IF3A	02	E	ZZ	CL	GN0200	001	D	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	E. Trivellato	08/02/2022	A. Lucia	08/02/2022	M. Tanzini	08/12/2022	Ing. Andrea Polli 25/01/2023
B	C.08.01 a valle del contraddittorio	E. Molina	22/07/2022	A. Lucia	22/07/2022	M. Tanzini	22/07/2022	
C	C.08.02 a valle del contraddittorio	E.Molina/A.Kayed	08/11/2022	A. Lucia	11/11/2022	M. Tanzini	15/11/2022	
D	C.08.04 a valle del contraddittorio	E.Molina/A.Kayed	10/01/2023	M. Trezzi	10/01/2023	M. Tanzini	22/01/2023	

File: IF3A02EZZCLGN0200001D

n. Elab.: -

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Soci WEBUILD ITALIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 2 di 288

Indice

1	INTRODUZIONE	4
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	4
2	OGGETTO E SCOPO	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	7
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI	7
3.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)	7
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	8
4.2	DOCUMENTI CORRELATI	9
5	FASE CONOSCITIVA	11
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	11
5.2	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO	13
5.3	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	14
5.4	IL REGIME IDRAULICO	24
5.5	RISCHI POTENZIALI	26
6	FASE DI DIAGNOSI	27
6.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	27
6.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	28
6.2.1	ANALISI CON IL METODO DELLE LINEE CARATTERISTICHE	28
6.2.2	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO	43
7	FASE DI TERAPIA	44
7.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO	44
7.2	AZIONI DI MITIGAZIONE DEI POTENZIALI RISCHI	49
7.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	51
7.4	ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO	53
7.4.1	CRITERI DI VERIFICA	54
7.4.2	ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE	64
7.4.3	INTERAZIONE TERRENO – STRUTTURA	79
7.4.4	ANALISI 3D PER LA VALIDAZIONE DELLA DISTANZA DEI GETTI DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO	85
7.4.5	ANALISI N. 1 SEZIONE B2 – (PK. 0+200) – DISCENDERIA F1, COPERTURA = 35 M	99

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandatario	Mandanti					
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 3 di 288

7.4.6	ANALISI N. 2 SEZIONE B2 – (PK. 0+250) – DISCENDERIA F1, COPERTURA = 50 M	133
7.4.7	ANALISI N. 3 SEZIONE B2* – (PK. 0+850) – DISCENDERIA F1, COPERTURA = 178 M.....	152
7.4.8	ANALISI N. 4 SEZIONE C2 – (PK. 0+900) – DISCENDERIA F1, COPERTURA = 185 M.....	179
7.4.9	ANALISI N. 5 SEZIONE C2P – (PK 56+770) – GALLERIA DI SFOLLAMENTO PAS A LIVELLO DEL TDB	201
7.4.10	ANALISI N. 6 SEZIONE CAMERONE DI SOSTA E MANOVRA – (PK 1 + 212,39).....	243
8	VALUTAZIONE AZIONE DI RIGONFIAMENTO SUI RIVESTIMENTI DEFINITIVI	275
9	SUBSIDENZE	277
9.1	SINTESI DEGLI EDIFICI SUSCETTIBILI	277
9.2	ANALISI NUMERICHE PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO INDOTTO.....	278
9.2.1	EDIFICIO 1 – COPERTURA = 25,0 M RISPETTO ALLA QUOTA DI PROGETTO	279
9.2.2	EDIFICIO 2 – COPERTURA = 33,2 M RISPETTO ALLA QUOTA DI PROGETTO	281
9.2.3	EDIFICIO 3 – COPERTURA = 49,5 M RISPETTO ALLA QUOTA DI PROGETTO	283
9.2.4	EDIFICIO 4 – COPERTURA = 65,2 M RISPETTO ALLA QUOTA DI PROGETTO	285
10	CONCLUSIONI	287
10.1	STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO.....	287
10.2	RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	287
10.3	RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	287
10.4	ANALISI DELLE SUBSIDENZE	288

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 4 di 288

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riguarda le verifiche geotecniche e strutturali della tratta scavata con metodo tradizionale della galleria naturale Hirpinia.

1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Nell'ambito dell'itinerario Napoli-Bari si inserisce il Raddoppio della Tratta Hirpinia-Orsara che rappresenta il secondo lotto della tratta in variante Apice-Orsara, il cui primo lotto (Apice-Hirpinia) si trova attualmente in fase di esecuzione da parte del Consorzio Hirpinia AV.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

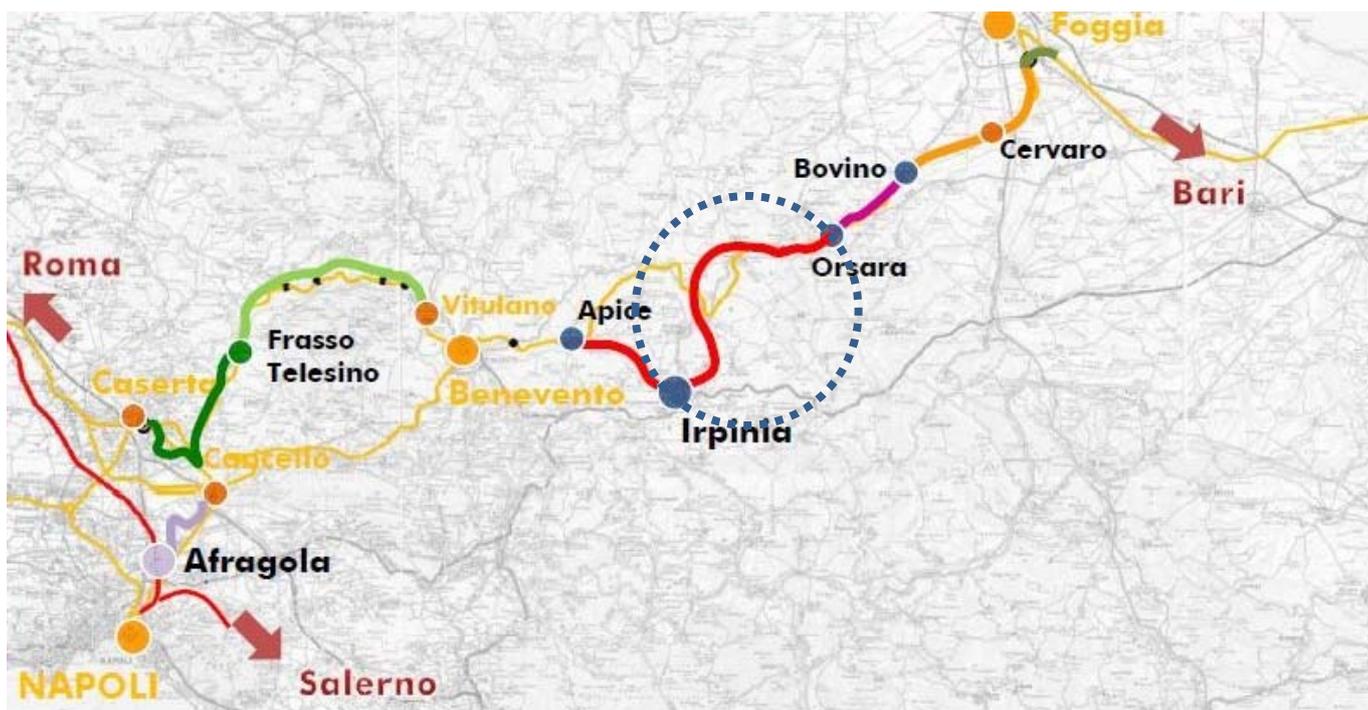


Figura 1 : Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

La variante oggetto del presente documento interessa il tratto centrale della direttrice Napoli – Bari e risulta strategica nel riassetto complessivo dei collegamenti metropolitani, regionali e lunga percorrenza previsto con la realizzazione di tutto il potenziamento. Si colloca in territorio campano e pugliese ed i comuni attraversati sono rispettivamente per la provincia di Avellino: Ariano Irpino, Flumeri, Savignano Irpino e Montaguto; per la provincia di Foggia: Panni e Orsara di Puglia.

Le progressive del tracciato della Bovino – Orsara - Hirpinia è stato fissato rispetto all'orientamento della Linea Storica partendo da Bovino con la pk 29+050 circa (fine tratta Cervaro-Bovino) fino ad Orsara con pk 41+470 (imbocco galleria Orsara) dove inizia la tratta oggetto del presente progetto esecutivo che si estende fino ad Hirpinia con pk 68+970 circa.

La linea AV/AC si sviluppa prevalentemente in galleria con una velocità compresa tra 200 e 250 Km/h ed ha una lunghezza complessiva L=27,5 km.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>5 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	5 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	5 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

Il nuovo tracciato ferroviario ha inizio alla pk 41+445 (BP) in corrispondenza dell'inizio del collegamento di 1^a fase della tratta Bovino – Orsara, per il quale in questo progetto è prevista la dismissione.

Il tracciato prosegue come prolungamento della nuova linea a doppio binario inizialmente con l'interasse a 4m per poi divergere fino all'imbocco dalla galleria naturale Hirpinia (lato Bari) per la quale è previsto l'imbocco a canne separate.

La galleria "Hirpinia" inizia alla pk 41+435.91 a pochi metri dalla spalla del viadotto VI01 (pk 41+428.29) e finisce alla pk 68+537.41. La galleria lato Bari imbocca direttamente con le canne separate e prosegue a doppia canna fino ad Hirpinia dove attraverso un camerone di collegamento in prossimità dell'uscita lato Napoli diventa a singola canna doppio binario per consentire ai binari di avvicinarsi all'interasse di 4m e collegarsi con i binari di corsa della stazione di Hirpinia, già realizzata nella tratta Apice - Hirpinia.

Lo sviluppo complessivo della galleria è di 27 Km circa.

L'interasse delle due canne è prevalentemente di 40 m ad eccezione di un tratto compreso tra le pk 48+000 e pk 57+800 circa all'interno del quale l'interasse è stato allargato a 50 m; per l'intera galleria le canne sono collegate tra di loro da by-pass trasversali a passo 500 m per consentire l'esodo dei passeggeri.

Tra le pk 56+325 e 56+770 è stato inserito un luogo sicuro intermedio dotato di marciapiedi FFP di lunghezza L=445 m. L'esodo all'aperto dei passeggeri avviene attraverso la finestra F1 direttamente collegata con la viabilità locale attraverso un piazzale di sicurezza.

L'uscita della finestra F1 si trova in località Contrada Stratola, in corrispondenza dell'uscita della galleria sono stati ubicati anche i piazzali tecnologici e la nuova SSE di Ariano Irpino.

La linea AV/AC è progettata nel tratto allo scoperto (stazione di Orsara) con una velocità di tracciato di 200 Km/h, con una velocità di 250 Km/h per tutto il restante tracciato in galleria per poi riscendere a 200 Km/h in corrispondenza del camerone di Hirpinia proprio per l'approssimarsi alla stazione di Hirpinia.

Lungo la galleria sono previste alcune finestre costruttive necessarie per la realizzazione con il metodo tradizionale dei tratti di galleria.

Uscito dalla galleria il tracciato termina alla pk 68+974 (BP), coincidente con la pk 0+700 della tratta Apice – Hirpinia, in prossimità dei tronchini per l'attestamento dei treni da e per Napoli previsti nella stazione di Hirpinia di 1^a fase.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 6 di 288

2 OGGETTO E SCOPO

Nel presente documento si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle gallerie realizzate con metodo tradizionale nell'ambito del progetto di realizzazione della galleria Hirpinia di lunghezza pari a circa 27 km, ubicata fra le progressive (B.P.) km 41+445 (imbocco lato Bari) e km 68+974 (imbocco lato Napoli).

Nello specifico, la suddetta progettazione riguarderà le gallerie della finestra costruttiva F1 e la sua prosecuzione consistente nella galleria di sffollamento del Punto Antincendio Sotterraneo ubicato tra le progressive 55+325 e 56+770.

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS, si è articolata nelle seguenti fasi:

1. Fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui sarà realizzata la galleria; i risultati dello studio geologico sono descritti nella specifica Relazione Geologica e Idrogeologica a cui si rimanda per l'illustrazione del modello geologico; lo studio geotecnico con la definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei parametri di progetto è illustrata nel Capitolo 5.
2. Fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento (Capitolo 6).
3. Fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza (Capitolo 7). Le soluzioni progettuali sono state analizzate per verificarne l'adeguatezza: nel Capitolo 7 sono illustrati metodi e risultati delle analisi condotte per la verifica della stabilità globale della cavità, per il dimensionamento/verifica degli interventi di stabilizzazione e dei rivestimenti, nelle diverse fasi costruttive e in condizioni di esercizio, e per la valutazione dei risentimenti attesi in superficie.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 7 di 288

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

3.1 **LEGGI E NORMATIVE COGENTI**

Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17/01/2018”.

Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;

Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;

Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;

Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

3.2 **NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI**

SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;

ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

NIR n°28: NOTA INTERREGIONALE DEL 13/01/2005 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a edizione”

NIR n°44: NOTA INTERREGIONALE DEL 28/05/2012 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù TBM”

Linea Guida “Grisù – TBM”. Scavo meccanizzato di grande sezione con TBM – EPB in terreni grisutosi, maggio 2015.

Linea Guida “Grisù”. Scavi in sotterraneo con metodo a piena sezione e tecnica tradizionale in terreni grisutosi, luglio 2014.

3.3 **PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)**

RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 D “Manuale di Progettazione delle opere civili” (20/4/2019);

ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (dicembre 2015).

RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 C “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (21/12/2018)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 8 di 288

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Come input per il presente documento sono stati utilizzati i seguenti documenti:

ITALFERR, Progetto di fattibilità tecnico economica (2017);

ITALFERR, Dossier dati e requisiti di base per avvio PD IF1W00D12ROMD0000001B – Luglio 2018.

Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:

GN02 - USCITA/ACCESSO DI EMERGENZA CARRABILE F1																			
ELABORATI GENERALI																			
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	R	G	N	0	2	0	0	0	0	1	Relazione tecnica e linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	1	Inquadramento planimetrico Tav. 1/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	2	Inquadramento planimetrico Tav. 2/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	3	Inquadramento planimetrico Tav. 3/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	4	Inquadramento planimetrico Tav. 4/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	8	G	N	0	2	0	0	0	1	Profilo longitudinale Tav. 1/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	8	G	N	0	2	0	0	0	2	Profilo longitudinale Tav. 2/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	8	G	N	0	2	0	0	0	3	Profilo longitudinale Tav. 3/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	8	G	N	0	2	0	0	0	4	Profilo longitudinale Tav. 4/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	5	Planimetria di tracciamento Tav. 1/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	6	Planimetria di tracciamento Tav. 2/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	7	Planimetria di tracciamento Tav. 3/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	P	8	G	N	0	2	0	0	0	8	Planimetria di tracciamento Tav. 4/4
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	7	G	N	0	2	0	1	0	1	Profilo geotecnico/geomeccanico tav. 1/2
I	F	3	A	0	2	E	Z	Z	F	7	G	N	0	2	0	1	0	2	Profilo geotecnico/geomeccanico tav. 2/2

Tabella 1 : GN02 – Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 – Elaborati generali

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 9 di 288

4.2 DOCUMENTI CORRELATI

Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).

Lunardi P. (2015). Il controllo dell'estrusione del nucleo di terreno al fronte d'avanzamento di una galleria come strumento di stabilizzazione per la cavità - Muir Wood Lecture at the ITA/AITES World Tunnel Congress on "Promoting tunnelling in SEE Region". Dubrovnik.

Patacca E. & Scandone P. (2007) – Geology of the Southern Apennines. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol.spec. 7, 75-199;

Scrocca D., Sciamanna S., Di Luzio E., Tozzi M., Nicolai C. & Gambini R. (2007) - Structural setting along the CROP-04 deep seismic profile (Southern Apennines - Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. 7, 283-296;

AGI, 1977 – Associazione Geotecnica Italiana. (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. A.G.I.;

CNR- Bollettino Ufficiale (Norme Tecniche) - A. VII - n°36. Stabilizzazione delle terre con calce;

Esu F. (1977) – Behaviour of Slopes in Structurally Complex Formations. General report, Session IV. Proc. Int. Symp. "The Geotechnics of Structurally Complex Formations", Capri, 2, pp. 292-304;

Atkinson, J. H. (2000). Non-linear soil stiffness in routine design. The 40th Rankine Lecture. Geotechnique 50, No. 5, 487–508;

Marinos, P., Hoek, E., (2001). Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch. Bulletin of Engineering Geology and Environment.

Wang J.N. (1993) Seismic design of tunnels: a state-of-the-art approach. Monograph 7, Parsons, Brinckerhoff, Quade e Douglas Inc., New York.

Hardin, B.O., and Drnevich, V.P. (1972) Shear modulus and damping in soils: design equations and curves. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol 98, NO. SM 7, pp. 667-692

Hsieh, P.-G., Ou, C.-Y., (1998). Shape of ground surface settlement profiles caused by excavation. Canadian Geotechnical Journal;

Ou, C.-Y., Teng, F.-C., Hsieh, P.-G., Chien, S.-C. (2013). Mechanism of Settlement Influence Zone due to Deep Excavation in Soft Clay. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering;

Burland, J., B., Wroth, C.P., (1974). Settlement of buildings and associated damage. Proceedings Conference on the Settlement of Structures, Cambridge, pp. 611-654.

Wittke W. (1978). Fundamentals for the Design and construction of tunnels located in swelling rock and their use during construction of the turning loop of the subway Stuttgart. Veröffentlichungen des Institutes für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Verkehrswasserbau der RWTH Aachen, vol. 6.

Ates Y., Bruneau D., Ridgway W.R. (1995) An evaluation of potential effects of seismic events on a used fuel disposal fault. Tr-623, 86 p., AECL;

Barton N. (1984) Effects of rock mass deformation on tunnel performance in seismic regions. Adv. Tunn. Tech. Subsurf. Use, 4, 89-99;

Federal Highway Department Administration (2009). Technical Manual for the Design and Construction of Road Tunnels – Civil Elements. US Department of Transportation;

French Association for Seismic Engineering (AFPS) / French Tunnelling Association (AFTES), (2001) Guidelines on: Earthquake design and protection of underground structures;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>10 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	10 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	10 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

International Tunnelling Association (ITA) / Association Internationale del Tunnels et de l'Espace Souterrain (AITES). Hashash Y.M.A., Hook J.J., Schmidt B., Yao J.I.C. (2001) Seismic design and analysis of underground structures. Tunnelling and Underground Space Technology, 16, pp. 247-293;

Kiesel T.R. (1969) Earthquake Design Criteria for Subway. Journal of Structural Division, ASCE ST6, pp. 1213-1231.

Newmark N.M. (1968) Problems in wave propagation in soil and rock. Proceedings of the international Symposium on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials;

St. John C.M., Zahrah T.F. (1987) A seismic design of Underground Structures. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 2, no.2, pp. 165-197;

Power M.S., Rosidi D., Kaneshiro J., (1996) Strawman: screening, evaluation, and retrofit design of tunnels. Report Draft. Vol. III, National Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 11 di 288

5 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dalle opere in sottoterraneo e, nello specifico, della zona in corrispondenza della F1 e del Punto Antincendio Sottoterraneo (P.A.S.) citati al Capitolo 2.

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il tracciato dell'opera in oggetto si colloca nei settori centrali dell'Appennino meridionale, nella zona di transizione tra i domini di catena e quelli di avanfossa (Figura 2). Dal punto di vista stratigrafico, i settori di catena sono caratterizzati da spesse successioni marine meso-cenozoiche, variamente giustapposte tra loro a causa dell'importante tettonica compressiva. I settori di avanfossa sono contraddistinti da importanti successioni marine e transizionali plio-pleistoceniche solo parzialmente interessate dai fronti di sovrascorrimento più recenti ed esterni.

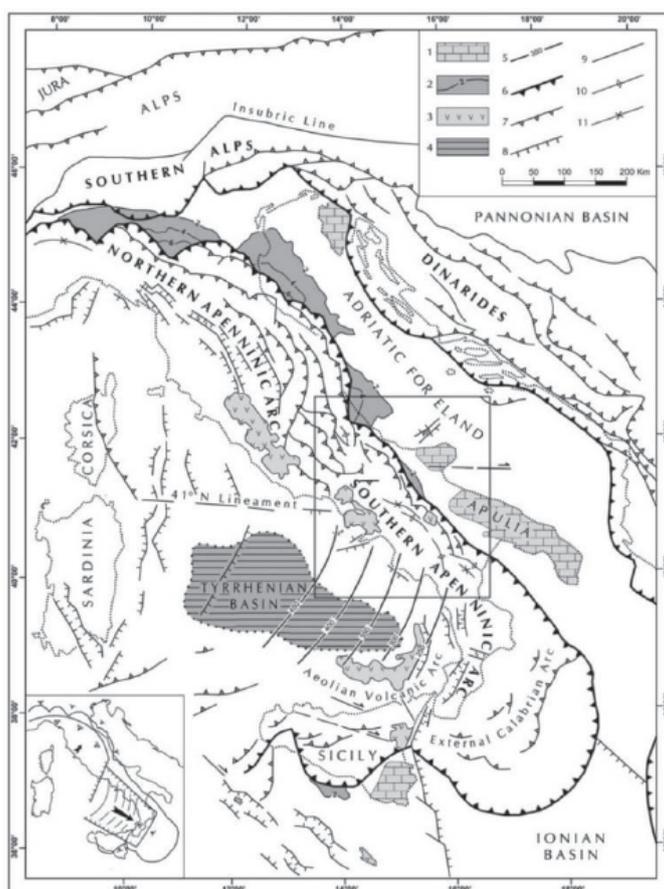


Figura 2 : Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti (da Patacca & Scandone 2007)

Le successioni sedimentarie del dominio di catena sono riferibili a tre distinte unità strutturali, di differente provenienza paleogeografica, denominate rispettivamente Unità della Daunia, Unità del Fortore e Unità di Frigento. Tali unità sono costituite essenzialmente da depositi marini in facies di bacino e di scarpata, con un'età compresa tra il Cretacico inferiore e il Miocene superiore. La parte bassa delle successioni è sempre costituita da sedimenti pelitici e calcareo-marnosi di mare profondo, con locali passaggi di litotipi essenzialmente carbonatici o diasprigni (Figura 18). Verso l'alto si rinvencono, in discordanza stratigrafica,

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 12 di 288

spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareomarnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica.

La sequenza sedimentaria di catena è chiusa, quindi, da depositi pliocenici prevalentemente argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, chiaramente connessi alle ultime fasi di strutturazione dell'edificio appenninico. Nel settore di Avanfossa, si assiste alla deposizione di spesse successioni silicoclastiche che si venivano a creare lungo il margine orientale dell'Unità a limiti inconformi del Pliocene. In corrispondenza dei depocentri del bacino, si accumulano strati di torbiera sabbioso-limosi dell'Unità Sin-Orogene del Messiniano superiore, costituenti la porzione inferiore della successione dell'avanfossa pliocenico-quadernaria.

Nei settori più interni, le interazioni fra variazioni cicliche del clima e sollevamento regionale portano inoltre all'accumulo di estesi depositi alluvionali terrazzati, localmente caratterizzati da una porzione basale con caratteri di facies di spiaggia.

Per approfondimenti sullo studio geologico si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

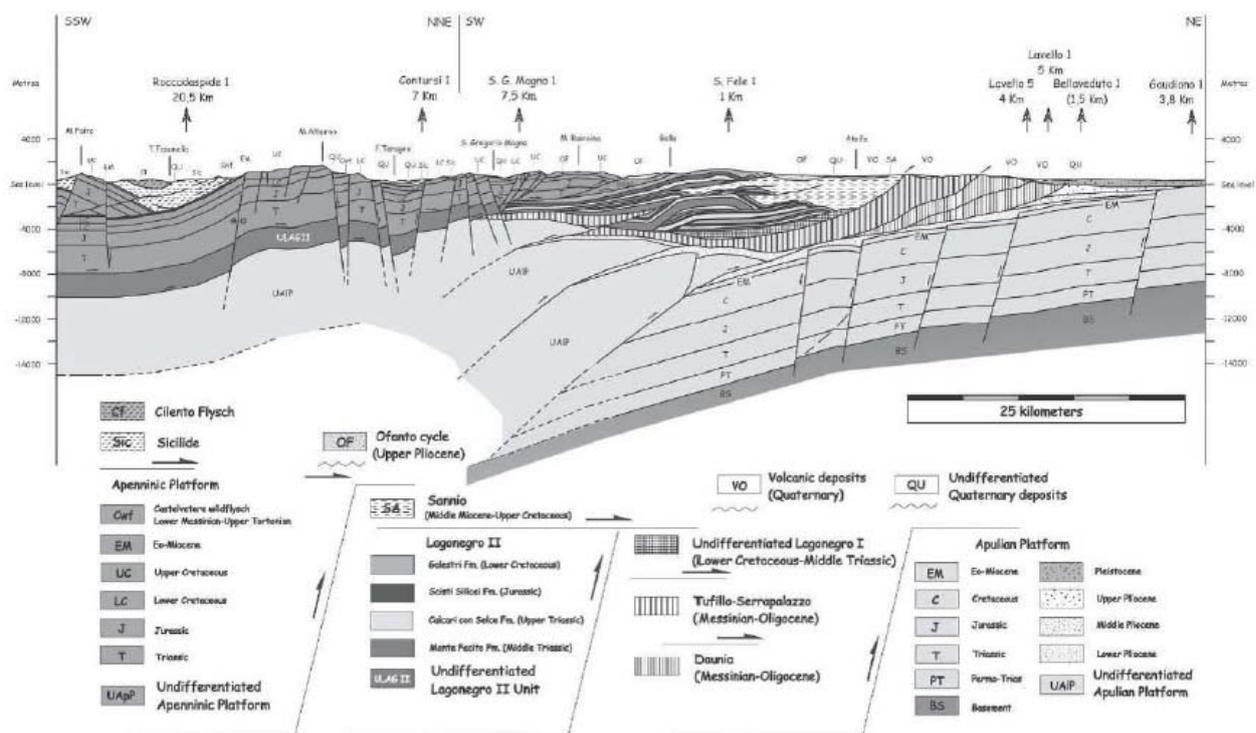


Figura 3 : Sezione geologica della Catena Appenninica meridionale, mostrandone i rapporti tra le principali unità stratigrafico-strutturali a seguito della strutturazione dell'edificio a falde (da Scrocca et al. 2007)

All'interno della successione sedimentaria attraversata dalla finestra F1 e dall'Area di Sicurezza Sotterranea, con funzione di Punto Antincendio, compresa tra le progressive 55+325 e 556+770, troviamo i Peliti di Difesa Grande - STF2. Questo membro, appartenente alla Formazione di Sferracavallo (depositi marini di piattaforma, transizione e spiaggia emersa) affiora nel settore centrale della tratta Hirpinia – Orsara-Bovino. È costituito da argille limose e argille marnose con frequenti intercalazioni di sabbie limose.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 13 di 288

5.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO

Dall'imbocco lato Bari ubicato alla pk 41+460 circa la galleria interessa i depositi del Flysch di Faeto (FAE) dislocati da una faglia diretta sub-verticale alla pk 42+100 circa. Alla pk 43+600 circa il Flysch di Faeto (FAE) passa in contatto inconforme ai terreni delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), ad eccezione dell'intervallo iniziale della tratta dove sono presenti le Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa). Le Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb) risultano dislocate da due faglie, una alla pk 44+800 circa in corrispondenza delle coperture minime (15 m circa) e una alla pk 46+350 circa. Alla pk 46+850 circa è presente una faglia ad andamento sub-verticale dopo la quale la galleria intercetta i terreni appartenenti all'Unità tettonica della Daunia. In particolare, nel tratto iniziale (tra le pk 46+750 e 47+400 circa) la galleria interessa i terreni delle Marne argillose del Toppo Capuana (TPC) e delle marne e diatomiti della formazione Tripoli (TPL); entrambe le formazioni sono sovrascorse dai termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE). Fino alla pk 50+250 circa la galleria interessa il Flysch di Faeto dislocato da una faglia sub-verticale alla pk 49+150 circa. In questo tratto la galleria raggiunge la massima copertura pari a 370 m.

All'altezza della pk 50+250, la presenza di una faglia diretta sub-verticale, mette in contatto il Flysch di Faeto (FAE) con il Flysch Rosso (FYR). Successivamente la galleria intercetta i terreni classificabili come "Argille Scagliose" rappresentati dal Flysch Rosso (FYR), le Argilliti policrome del Calaggio (APC) dislocate da una faglia di cinematica sconosciuta alla pk 52+400 circa e le Argille Varicolori (AVR). In corrispondenza della pk 56+350 circa, dopo un breve passaggio all'interno dei termini marnoso-calcarei del Flysch di Faeto (FAEb) e della formazione Tripoli (TPL), una faglia diretta sub-verticale, porta la galleria ad intercettare in maniera pressoché continua le Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2) dislocato da due faglie subverticali di cinematica sconosciuta.

Un thrust a medio-basso angolo, intercettato all'altezza del km 59+050 circa che porta il Membro peliticoarenaceo del Fiume Miscano (BNA2) sui termini argilloso-sabbiosi delle Peliti di Difesa Grande (STF2). Il Membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2) risulta dislocato da cinque faglie ad andamento subverticale.

A partire dalla pk 63+500 circa la galleria attraversa i termini del membro di Flumeri delle Molasse di Anzano (ANZ2) fino alla pk 65+430 circa (fatta eccezione il breve tratto tra le pk 63+450 e 63+510 in cui la galleria intercetta le Arenarie di Ripe di Giacinto - VBA2 ed il tratto finale, tra le pk 65+360 e 65+430 dove la galleria intercetta la litofacies calcareo-marnosa del Membro di Flumeri - ANZ2a) a partire dalla quale la galleria intercetta la Formazione del torrente Fiumarella (TFR) dislocata da una faglia ad andamento sub-verticale alla pk 65+650. Tra le pk 66+130 e 66+500 circa sono presenti le Argilliti con gessi di Mezzana di Forte (MZF) dove la galleria è sovrastata dal letto del torrente Fiumarella con coperture ridotte pari a circa 15-20 metri rispetto al piano del ferro. Tra le pk 66+540 e 67+200 la galleria intercetta le Argilliti policrome del Calaggio (APC) poste in contatto stratigrafico con le Argilliti con gessi di Mezzana di Forte (MZF). Dalla pk 67+200 alla pk 67+590 a quota galleria sono presenti le argille plioceniche del membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2), i quali risultano sovrascorsi dalle argille e marne del Flysch Rosso (FYR) attraverso un thrust a medio-basso angolo intercettato alla pk 67+590. Nel tratto finale la galleria attraversa esclusivamente i terreni argilloso-marnosi del Flysch Rosso (FYR), con coperture ridotte fino all'imbocco lato Napoli ubicato alla pk 68+500 circa.

Il prevalente sviluppo in sotterraneo del lotto Hirpinia – Orsara-Bovino riduce sensibilmente i problemi di interferenza dell'infrastruttura con un territorio significativamente contraddistinto da fenomeni di dissesto e di instabilità dei versanti, attivi o quiescenti, riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra essenzialmente connessi all'assetto geologico-strutturale dell'area e all'evoluzione geomorfologica recente di questo settore appenninico.

Le coperture delle opere in sotterraneo garantiscono il sottoattraversamento di zone con accertati fenomeni di instabilità o con un elevato grado di suscettibilità rispetto allo sviluppo di frane e dissesti, lasciando soltanto agli imbocchi la possibilità di eventuale interferenza.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 14 di 288

Il progetto delle opere in sotterraneo è stato quindi sviluppato ponendo particolare attenzione all'ubicazione degli imbocchi, in particolare per le finestre costruttive che si collocano in un'area in cui i versanti, caratterizzati da estesi affioramenti di Argille Scagliose, sono interessati da fenomeni franosi estesi e diffusi.

5.3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

L'uscita di emergenza F1 si colloca nella porzione centrale dell'area interessata dallo scavo della galleria Hirpinia, e intercetta le due canne a singolo binario fra le progressive km 56+737 e km 56+357 circa, includendo nella sua ultima parte del tracciato l'area di sicurezza sotterranea, con funzione di punto antincendio, come mostrato nella seguente Figura 4.

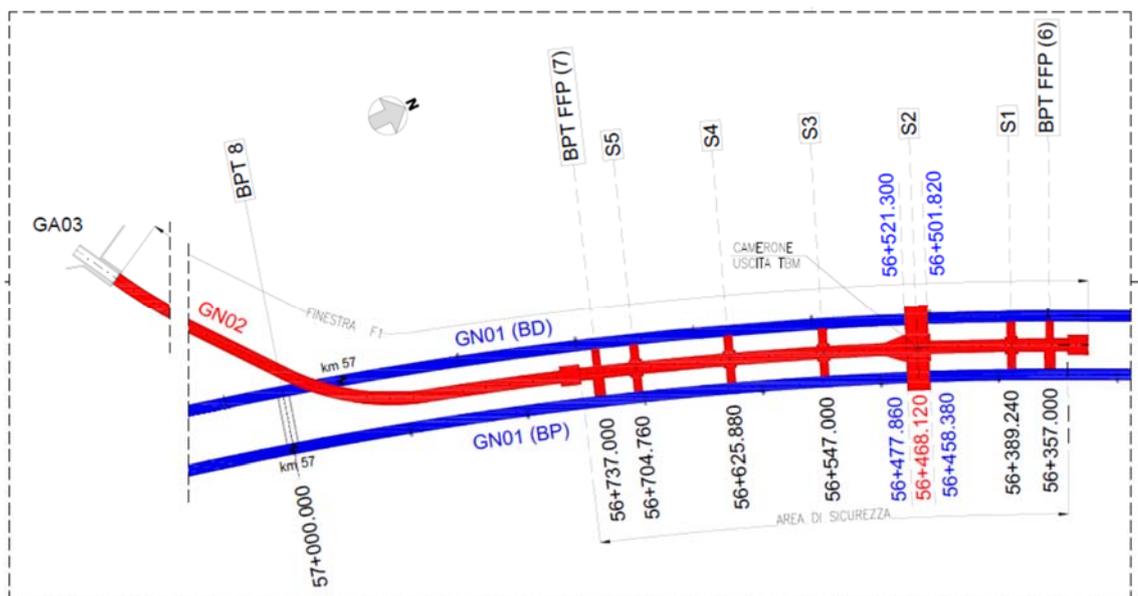


Figura 4. Tratta finale della finestra F1 con l'area di sicurezza.

Con riferimento alla seguente Figura 5, la galleria di sfollamento / finestra F1 ha una lunghezza di circa 1647 m ed interessa su tutto il suo sviluppo le Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2) con una copertura massima pari a circa 185 m.

Dal punto di vista geomorfologico non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per la galleria in oggetto, né per l'imbocco della galleria stessa, visto che i corpi di frana presenti si trovano a quote superiori di oltre 90 m rispetto al piano ferro della galleria. Si tratta di fenomeni riconducibili a colamenti lenti, frane complesse e aree a franosità diffusa con stato quiescente, di ridotta estensione e spessore.

Dal punto di vista geotecnico la Formazione di Sferracavallo (depositi marini di piattaforma, transizione e spiaggia emersa) è costituita da argille limose e argille marnose con frequenti intercalazioni di sabbie limose. Più precisamente, le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati mostrano la prevalenza della componente limosa (64%) e, in maniera secondaria, di argilla (34%). Il terreno è classificabile come limo con argilla (AGI, 1977).

I sondaggi più prossimi a tale opera sono il sondaggio di Progetto Definitivo IF16G12 (Figura 7) e il sondaggio integrativo di Progetto Esecutivo, S16 (Figura 6).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 15 di 288



Figura 5. Profilo geologico - geotecnico longitudinale della finestra F1.



Figura 6 – Sondaggio S16, Carote prelevate a quota cavo relative alla formazione STF2.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 16 di 288

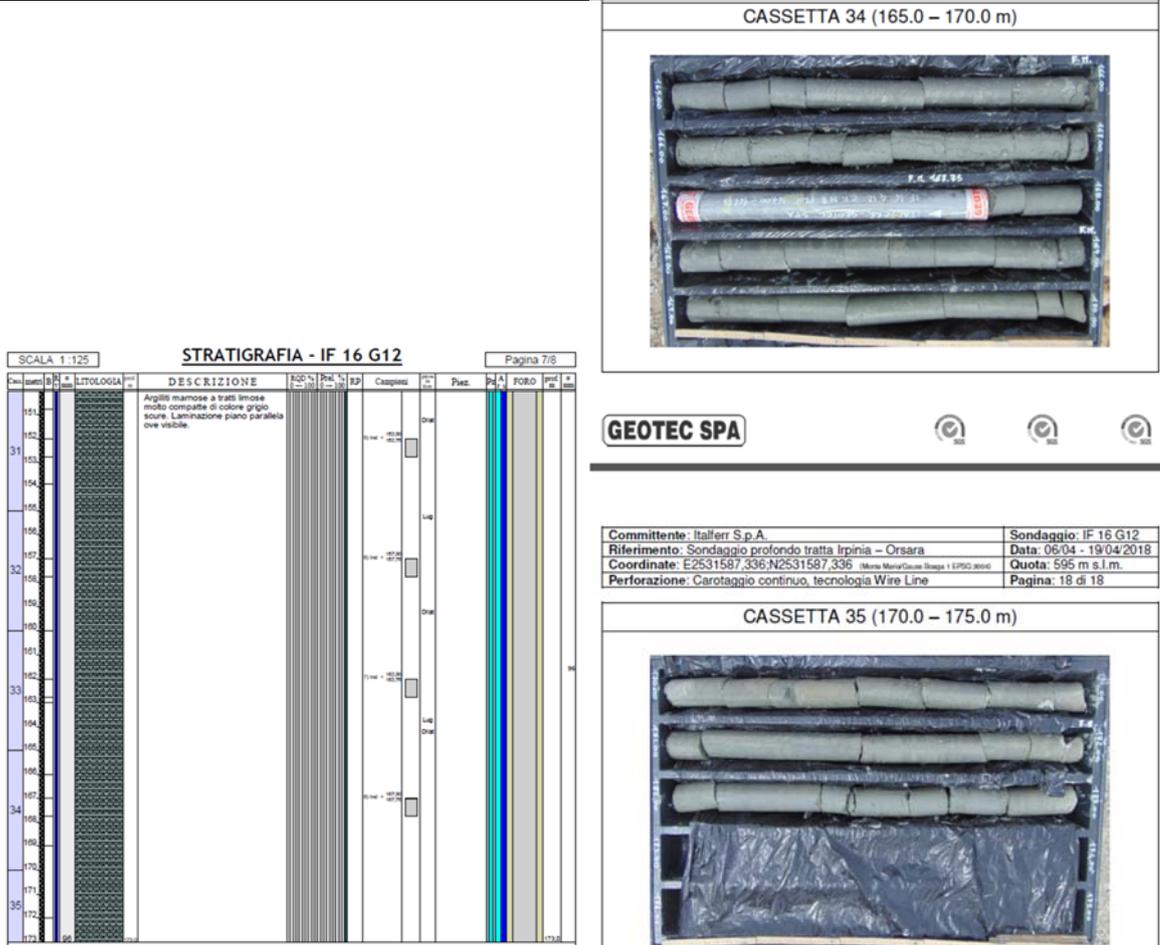


Figura 7. Sondaggio IF16G12, porzione rappresentativa della stratigrafia e fotografie delle carote alla profondità dell'opera.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 17 di 288

L'analisi dei risultati dei carotaggi, delle prove in sito e di laboratorio ha consentito di tracciare un quadro complessivo al variare della profondità delle principali grandezze fisiche e meccaniche dell'unità indagata.

Il peso dell'unità di volume è compreso tra $21 \div 22 \text{ kN/m}^3$ mentre il peso dell'unità di volume del materiale secco varia tra $19 \text{ e } 20 \text{ kN/m}^3$. Il peso specifico è compreso fra $26 \text{ e } 27 \text{ kN/m}$.

I limiti di Atterberg sono compresi negli intervalli di seguito riportati:

- limite plastico, w_P : $15\% \div 25\%$;
- limite liquido, w_L : $35\% \div 65\%$;
- indice di plasticità, IP : $20\% \div 40\%$.

Il contenuto d'acqua naturale w risulta compreso tra il 10% ed il 20% circa, con un indice di consistenza IC mediamente pari a 1.3.

Con riferimento ai citati sondaggi, nelle seguenti Figure sono riportati i seguenti valori:

- Andamento con la profondità dei valori della resistenza al taglio non drenata, c_u , ottenuti sia dalle prove effettuate sulle carote dei sondaggi mediante il pocket penetrometer sia dalle prove di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU) (Figura 8).

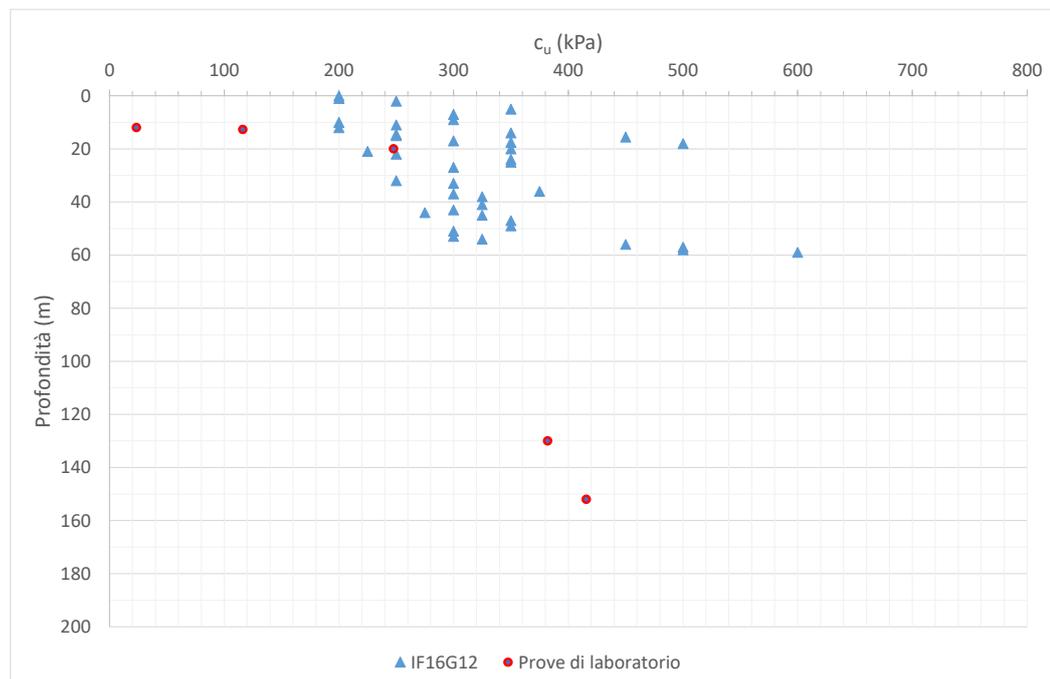


Figura 8. Valori della resistenza al taglio non drenata, c_u .

- Andamento con la profondità dei valori dell'angolo di resistenza al taglio, ϕ' , (Figura 10) ricavati sulla base delle determinazioni di laboratorio dell'indice di plasticità, I_p , utilizzando la correlazione, fra il valore di ϕ' e l'indice di plasticità I_p , proposta da Terzaghi, Peck, and Mesri (1996) e riportata nella Figura 9.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 18 di 288

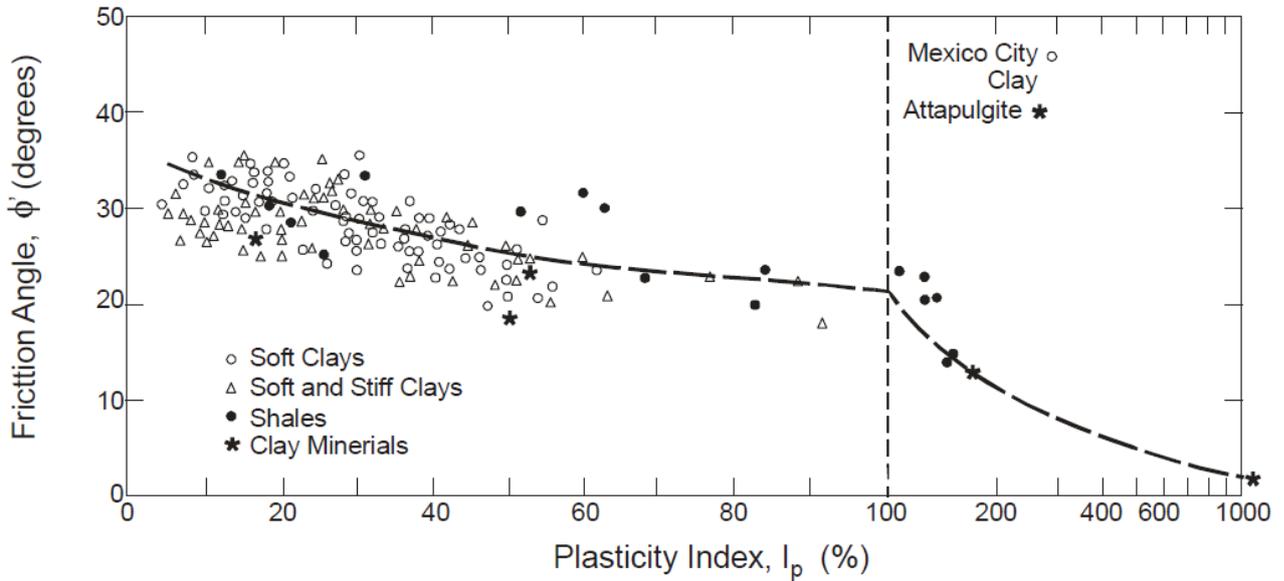


Figura 9. Correlazione fra ϕ' e I_p (Terzaghi, Peck, and Mesri, 1996).

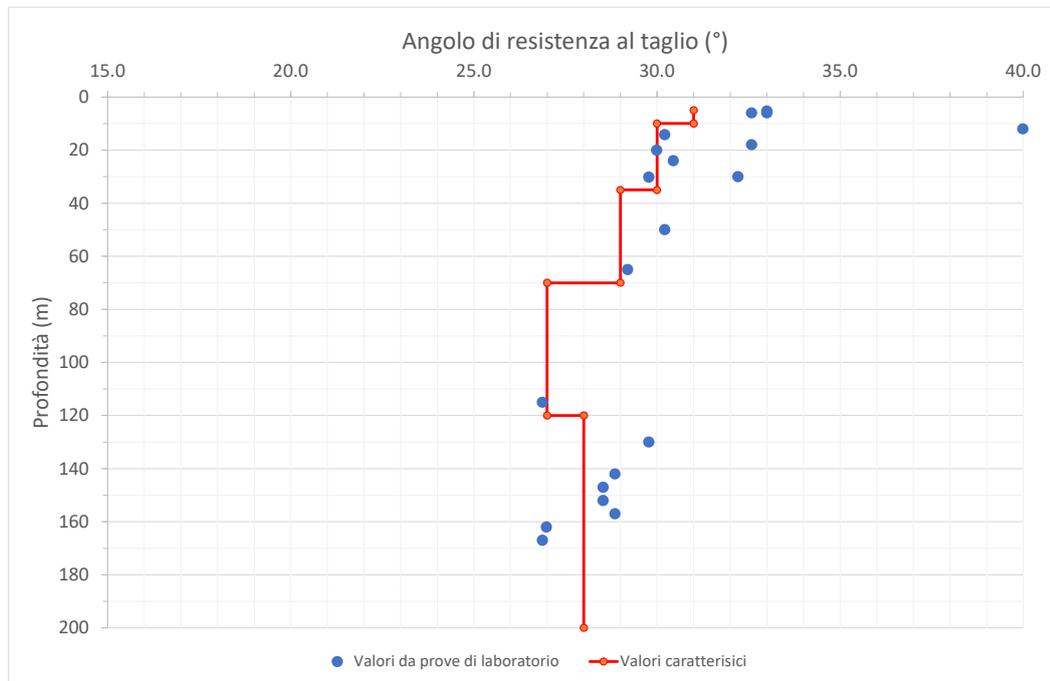


Figura 10. Valori dell' angolo di resistenza al taglio, ϕ' .

- Inoltre, per quanto concerne la valutazione della coesione efficace intercetta, c' , si è adottato l'approccio proposto da Mesri e Abdel – Ghaffar (1993) che hanno correlato direttamente il valore di c' alla pressione di preconsolidazione, σ'_p , e al valore della tensione efficace normale agente sulla superficie di rottura, σ'_n (Figura 11); a sua volta per valutare la pressione di preconsolidazione è stata adottata la seguente correlazione fornita da Mesri: $c_u / \sigma'_p = 0.22$. Nella Figura 12 sono riportati i valori ottenuti.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 19 di 288

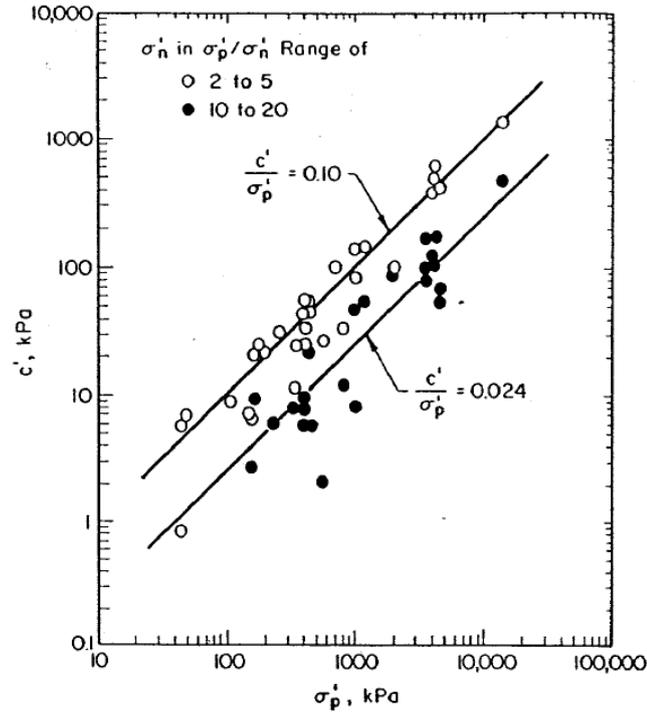


Figura 11. Relazione fra la coesione efficace intercetta c' , la pressione di preconsolidazione σ'_p , e la tensione efficace normale agente sulla superficie di rottura σ'_n (Mesri e Abdel – Ghaffar (1993).

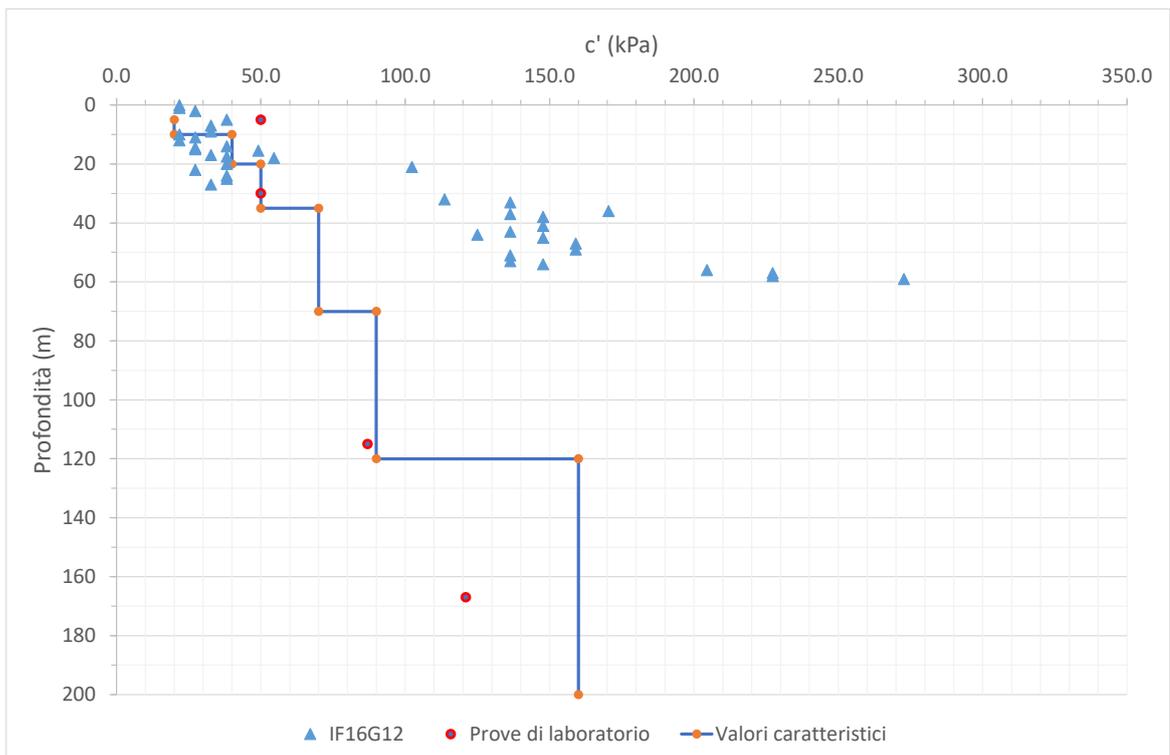


Figura 12. Valori della resistenza al taglio drenata, c' .

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 20 di 288

Nella seguente Figura 13 sono riportati i risultati dei moduli di deformabilità ottenuti dalle prove dilatometriche effettuate.

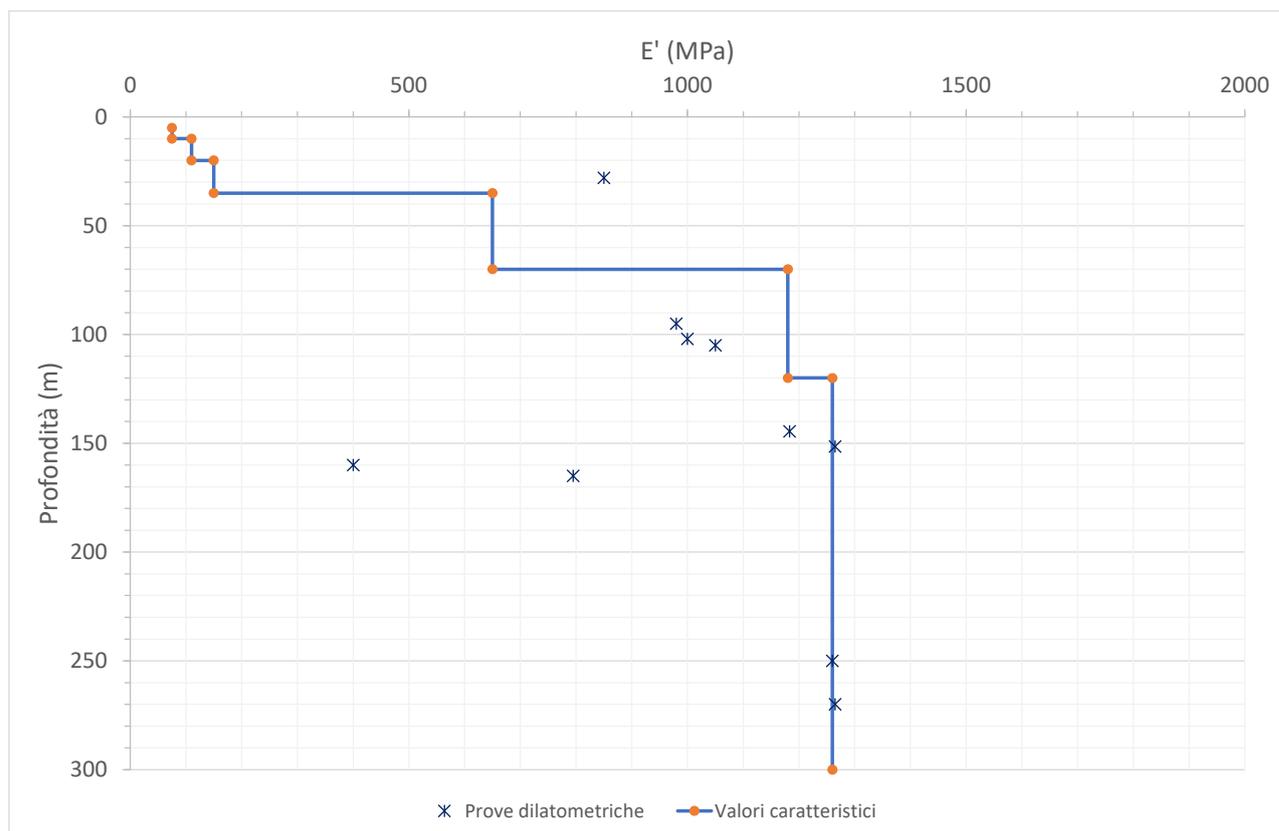


Figura 13. Valori del modulo di deformabilità ottenuto dalle prove dilatometriche.

Inoltre, nella seguente Figura 14, sono riportati i valori del contenuto naturale d'acqua, ottenuti dai campioni indisturbati prelevati, in funzione della profondità.

Con riferimento ai valori del contenuto naturale d'acqua del terreno saturo, riportati nella Figura 15, in funzione del valore dell'indice dei vuoti, assumendo valori del peso specifico delle particelle, pari a 2.6 e 2.7, e un valore tipico dell'indice dei vuoti dei terreni a grana fine pari a 0.6 - come mostrato nella Tabella 2 e ottenuto dai campioni indisturbati prelevati dai sondaggi - si può notare come i terreni, in modo particolare alle profondità della galleria, siano parzialmente saturi in quanto i valori del contenuto naturale d'acqua dei campioni indisturbati sono di gran lunga inferiori ai corrispondenti valori del contenuto d'acqua per un terreno saturo, w_{sat} , sotto falda, come mostrato nella Figura 14.

Tali dati sperimentali porterebbero, pertanto, ad escludere in tale formazione caratterizzata da una estremamente bassa permeabilità (valore del coefficiente di permeabilità, k , pari a circa 0.5×10^{-8} m/s) la presenza di una vera e propria falda freatica.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 21 di 288

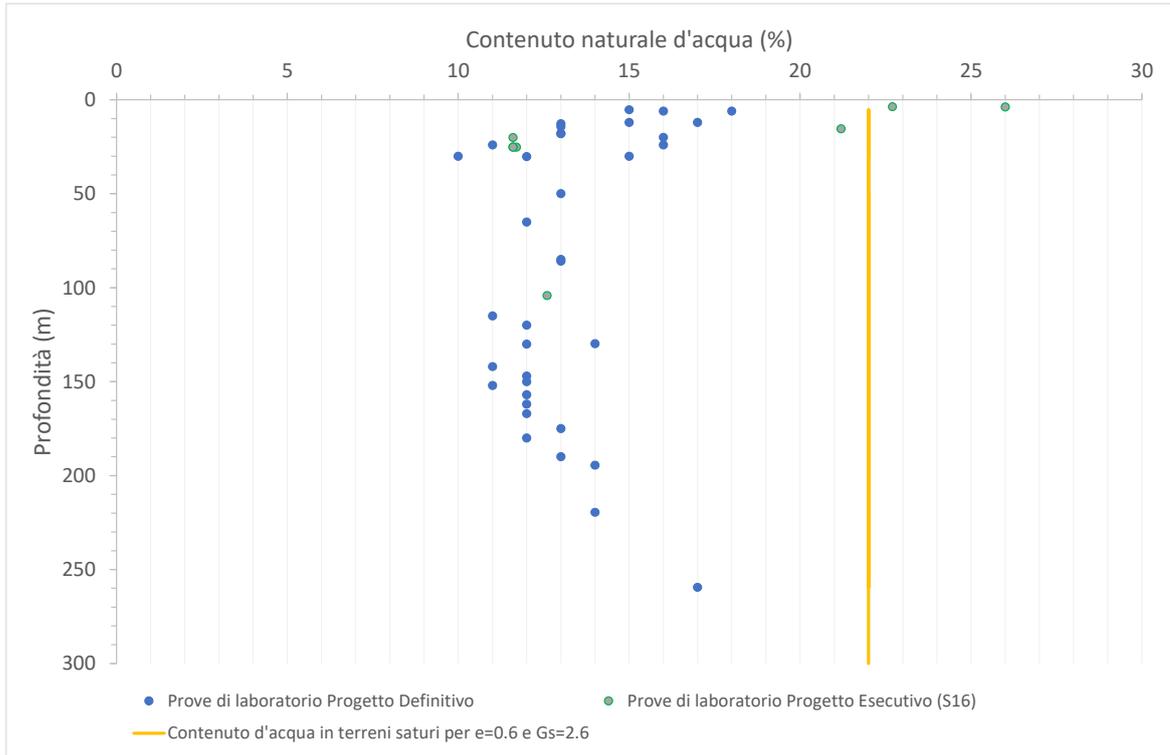


Figura 14. Valori del contenuto naturale d'acqua ottenuto dai campioni indisturbati, in funzione della profondità.

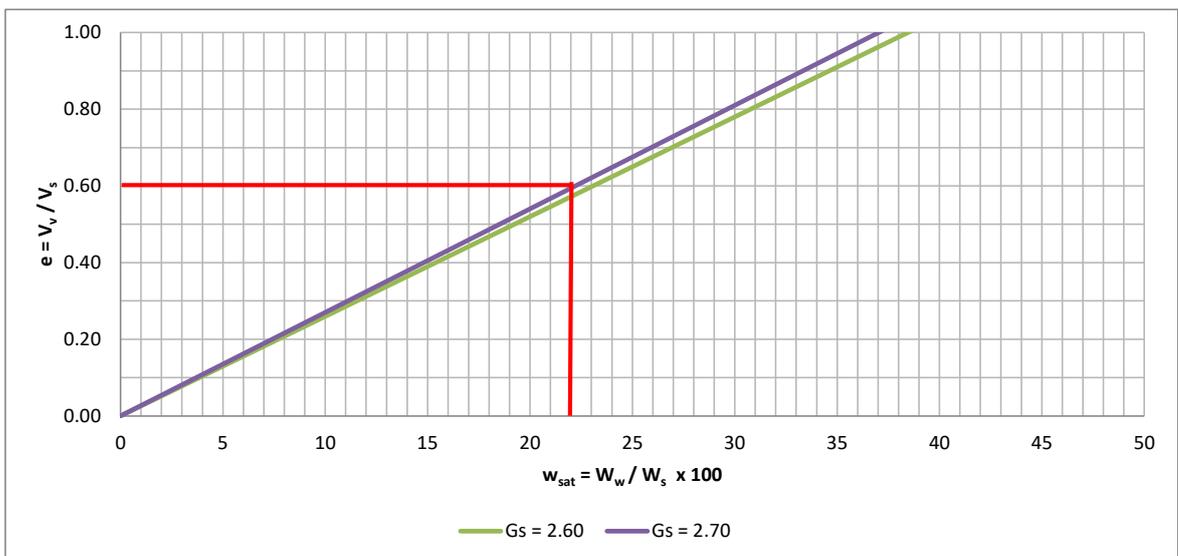


Figura 15. Valori del contenuto naturale d'acqua di terreni saturi in funzione del valore dell'indice dei vuoti e del peso specifico.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 22 di 288

Tabella 2. Tipici valori dei parametri relativi alla caratterizzazione fisica del terreno (fonte: Peck, Hanson e Thornburn, 1974).

Descrizione	Porosità (n)	Indice dei vuoti (e)	Contenuto d'acqua (w in %) ^a	Peso dell'unità di volume kN/m ³	
				γ _d	γ _{sat}
				Sabbia uniforme, sciolta	0.46
Sabbia uniforme, densa	0.34	0.51	19	17.1	20.4
Sabbia assortita, sciolta	0.40	0.67	25	15.6	19.5
Sabbia assortita, densa	0.30	0.43	16	18.2	21.2
Sedimento eolico molto fine costituito da limo (loess)	0.50	0.99	21	13.4	18.2
Depositi glaciali molto assortiti e a grana grossa	0.20	0.25	9	20.7	22.8
Argille tenere glaciali	0.55	1.20	45	11.9	17.3
Argille compatte glaciali	0.37	0.60	22	16.7	20.3
Argille tenere leggermente organiche	0.66	1.90	70	9.1	15.4
Argille tenere molto organiche	0.75	3.00	110	6.8	14.0
Argilla montmorillonitica tenera	0.84	5.20	194	4.2	12.6

^a = contenuto d'acqua per terreno saturo

Per quanto concerne la determinazione del coefficiente di spinta a riposo è stata adottata la seguente espressione (Figura 16):

$$K_0 (OC) = K_0 (NC) OCR^\alpha$$

essendo:

$K_0 (NC)$ = coefficiente di spinta a riposo del terreno normalconsolidato = $1 - \sin \phi'$

$K_0 (OC)$ = coefficiente di spinta a riposo del terreno sovraconsolidato

OCR = grado di preconsolidazione stimato dai valori di c_u ricavati dai sondaggi e dalle prove di laboratorio

α = esponente assunto pari a 0.46 (Jamiolkowski et al., 1979).

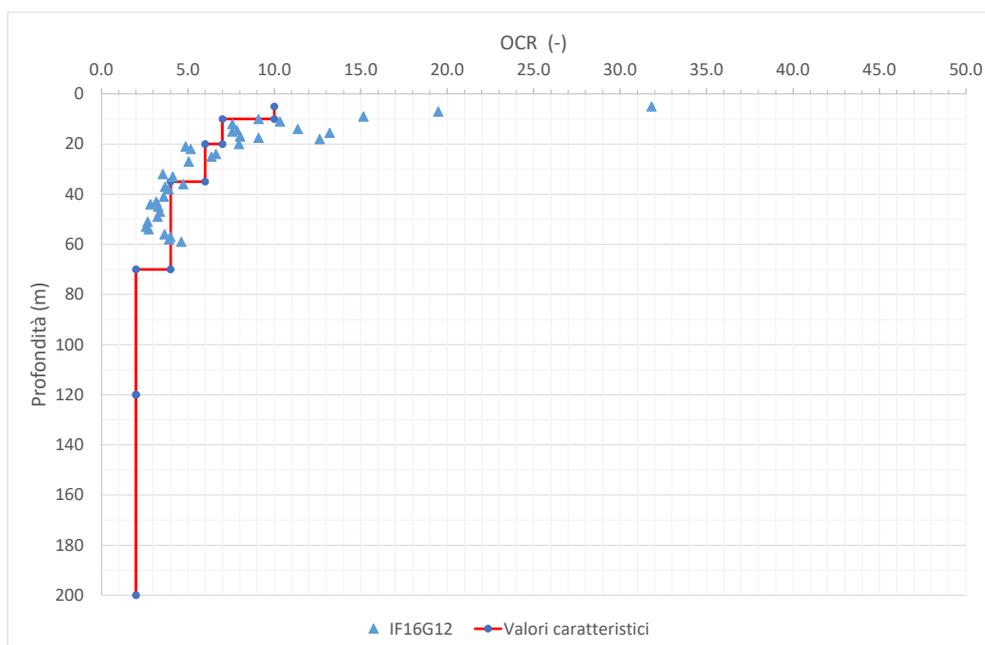


Figura 16. Valori del grado di preconsolidazione OCR.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 23 di 288

In conclusione, nella seguente Tabella 3, sono riepilogati i valori caratteristici dei parametri geotecnici che saranno adottati per le verifiche delle sezioni tipo.

Tabella 3. Stratigrafia di progetto e valori caratteristici dei parametri geotecnici per la verifica delle sezioni tipo.

Da (m)	A (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°) (°)	OCR (-)	K_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
5	10	22.0	20.0	31.0	10.0	1.4	75.0	0.35
10	20	22.0	40.0	30.0	7.0	1.2	110.0	0.35
20	35	22.0	50.0	30.0	6.0	1.1	150.0	0.35
35	70	22.0	70.0	29.0	4.0	1.0	650.0	0.35
70	120	22.0	90.0	27.0	2.0	0.8	1180.0	0.35
129	200	22.0	160.0	28.0	2.0	0.7	1260.0	0.35
> 200		22.0	160.0	28.0	2.0	0.7	1260.0	0.35

Profondità della falda dal piano campagna: falda assente sulla base dei dati piezometrici e della determinazione dei contenuti naturali d'acqua nei campioni indisturbati prelevati

LEGENDA

γ = peso dell'unità di volume del terreno
 c'_k = valore caratteristico della coesione in termini di tensioni efficaci
 ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio
OCR = grado di sovraconsolidazione
 K_0 = coefficiente di spinta a riposo
 $E_{k,op}$ = valore caratteristico del modulo di Young
 ν = rapporto di Poisson

Infine, sulla base della caratterizzazione geotecnica di dettaglio sopra riportata, nella seguente

Tabella 4 sono riportati, per i diversi intervalli di copertura della galleria, i valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità delle Peliti di Difesa Grande (STF2).

Tabella 4. Unità delle Peliti di Difesa Grande (STF2), riepilogo parametri geotecnici.

Parametri	Copertura 5 – 20 m	Copertura 20 – 35 m	Copertura 35 – 70 m	Copertura 70 – 120 m	Copertura > 120 m
γ (kN/m ³)	21 - 22	21 - 22	21 - 22	21 - 22	21 - 22
c'_k (kPa)	20 - 40	40 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 160
ϕ'_k (°)	30 - 31	29 - 30	28 - 29	27 - 28	27 - 28
$E_{k,op}$ (MPa)	75 - 110	110 - 150	150 - 650	650 - 1200	1200 - 1300

Sono state inoltre eseguite 4 prove di rigonfiamento impedito su campioni nell'Unità STF2. I valori di pressione σ_R tali da impedire il rigonfiamento in cella edometrica sono riportati nella seguente

Tabella 5 e Figura 17.

Tabella 5. Unità delle Peliti di Difesa Grande (STF2), pressioni di rigonfiamento da prove di rigonfiamento impedito.

ID sondaggio	Campione	Profondità da p.c.	σ_R
[-]	[-]	[m]	[kPa]
IF16G12	CI1	115,38	147,1
IF16G12	CI4	147,40	98,1
IF16G12	CI6	157,40	110,3
IF16G12	CI8	167,40	208,4
S16	CI1	25,10	300,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 24 di 288

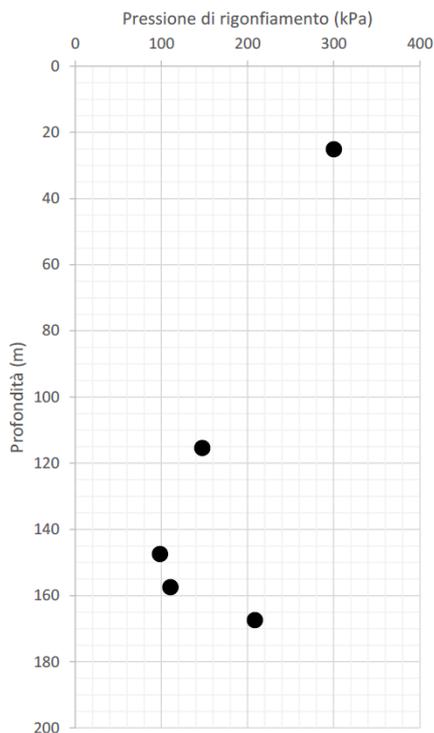


Figura 17. Pressione di rigonfiamento (STF2).

5.4 Il regime idraulico

Con riferimento agli studi geologici ed idrogeologici del Progetto Esecutivo, le Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2) appartengono al complesso idrogeologico argilloso-sabbioso (denominato CAS) le cui relative unità litologiche interessate costituiscono acquiferi misti di modesta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi essendo sede di falde idriche di scarsa rilevanza, generalmente discontinue e a carattere stagionale; inoltre la permeabilità, per porosità e per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa, con un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Le evidenze sperimentali acquisite sia durante le perforazioni dei sondaggi sia per quanto concerne i risultati delle prove di laboratorio, effettuate su campioni indisturbati, i cui risultati sono stati riportati e discussi nel precedente paragrafo, porterebbero a considerare tale formazione come parzialmente satura con un grado di saturazione compreso fra 0.6 e 0.85 ovvero sia da umido a molto umido.

Tuttavia, in entrambi i due sondaggi effettuati, sono stati installati due piezometri a tubo aperto, della stessa lunghezza dei sondaggi (130-150 m), con i primi 100 m ciechi ed il restante tratto finestrato, che hanno indicato dei livelli piezometrici prossimi al piano campagna. Nonostante sia ben noto che piezometri a tubo aperto di lunghezze così elevate possano fornire misure piezometriche poco attendibili vista, ad esempio, la difficoltà operativa a realizzare la sigillatura di tenuta, fra il foro e il tubo piezometrico, necessaria ad isolare il tratto finestrato da quello superiore non finestrato, evitando il possibile riempimento del foro/piezometro da parte delle falde superficiali e dalle stesse acque meteoriche da p.c., è stato convenuto, cautelativamente, di adottare un livello piezometrico, lungo l'intera galleria, in accordo con le letture piezometriche effettuate nei due menzionati piezometri a tubo aperto.

Per il dettaglio delle quote dei livelli piezometrici, lungo l'intera Finestra F1, si rimanda ai seguenti due elaborati grafici di PE:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 25 di 288

- Geologia, Studio idrogeologico, Finestra / Uscita di emergenza, Profilo idrogeologico in asse all'uscita di emergenza F1 -Tav 1/2. Elab. IF3A02EZZF7GE0402001C.
- Geologia, Studio idrogeologico, Finestra / Uscita di emergenza, Profilo idrogeologico in asse all'uscita di emergenza F1 -Tav 2/2. Elab. IF3A02EZZF7GE0402002C.

In tali elaborati, in revisione C, è stata aggiunta una apposita finca, in Figura 18, nella quale, per quanto concerne la stima del carico idraulico, sono state individuate le seguenti 9 classi di carichi idraulici: (1) 0 – 25 m; (2) 25 – 50 m; (3) 50-75 m; (4) 75-100 m; (5) 100 – 125 m; (6) 125-150; (7) 150-175 m; (8) 175 – 200; (9) > 200 m.

Con riferimento alle progressive della Finestra F1 sono state indicate come stima del carico piezometrico le seguenti classi:

- dall'imbocco fino alla progressiva 0+180: classe 1 (0-25 m);
- dalla progressiva 0+180 alla progressiva 0+325: classe 2 (25-50 m);
- dalla progressiva 0+325 alla progressiva 0+675: classe 4 (75-100 m);
- dalla progressiva 0+675 alla progressiva 1+650: classe 6 (125–150 m).

FASE CONOSCITIVA	DATI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	Formazione/unità									
		Litologia	Cg: conglomerati		Sa: sabbie		Ma: marne		Ag: argille		
			Cc: calcari		Ar: arenarie		Li: limi				
		Presenza di faglie	Damage zone: alta densità della fratturazione <input type="checkbox"/>				Core zone: breccie cataclastiche e/o gouge <input type="checkbox"/>				
		Complesso idrogeologico									
		Classi di permeabilità (m/s)	6	5	4	3	2	1	Massima		
			$K < 10^{-8}$ m/s $K = 10^{-7}-10^{-8}$ m/s $K = 10^{-6}-10^{-7}$ m/s $K = 10^{-5}-10^{-6}$ m/s $K = 10^{-4}-10^{-5}$ m/s $K > 10^{-4}$ m/s						Minima		
			Valori calcolati/stimati							Media	
		Stima degli afflussi in fase di scavo	6		3		2		1		
	> 2 l/s x 10m		0.4-2 l/s x 10m		0.16-0.4 l/s x 10m		0-0.16 l/s x 10m				
Stima del carico idraulico (m)	4	8	7	6	5	4	3	2	1		
	>200m	175-200m	150-175m	125-150m	100-125m	75-100m	50-75m	25-50m	0-25m		

Figura 18. Finestra F1, fase conoscitiva geologica e idrogeologica, stima valori del carico idraulico.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 26 di 288

5.5 RISCHI POTENZIALI

Nel presente paragrafo si descrivono le principali criticità, legate al contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e ambientale, che potrebbero avere ripercussioni nella fase realizzativa delle gallerie.

La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva è illustrata nell'elaborato "Profilo geotecnico".

Instabilità del fronte e del cavo

Potenziali rischi di instabilità del fronte con ripercussioni in superficie possono interessare le tratte di galleria in prossimità delle zone di imbocco e le tratte a basse coperture. In particolare, per l'uscita di emergenza carrabile della finestra F1, il Profilo Geotecnico sottolinea un rischio da medio ad elevato di instabilità del fronte e del cavo fino alla progressiva 0+200, per coperture comprese entro i 40 – 50 m.

Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti

Potenziali interferenze con le opere in progetto sono presenti in prossimità dell'imbocco della Finestra F1 e del pozzo di lancio TBM.

Fenomeni deformativi

Come emerso dai risultati delle prove di laboratorio eseguite, alcune delle formazioni argillose attraversate possono dar luogo a significative deformazioni conseguenti a fenomeni di rigonfiamento. Per quanto riguarda le Peliti di Difesa Grande, il Profilo Geotecnico della finestra F1 segnala un rischio basso relativamente a fenomeni d'elevate deformazioni dell'ammasso.

Interferenza con fenomeni di instabilità in superficie

Il territorio in cui ricadono le opere dell'Hirpinia-Orsara risulta significativamente contraddistinto da fenomeni di dissesto e di instabilità dei versanti, attivi o quiescenti, riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse. In corrispondenza delle zone d'imbocco delle finestre non si riscontrano zone con accertati fenomeni di instabilità. Il prevalente sviluppo delle gallerie sotto coperture elevate ($H > 50$ m) riduce sensibilmente i problemi di interferenza delle opere in sotterraneo con tali fenomeni. Si segnala tuttavia che nelle zone di sottoattraversamento, con coperture limitate, dei Torrenti Avella e Fiumarella, i versanti a monte e a valle dei corsi d'acqua mostrano fenomeni di dissesto e di instabilità riconducibili a colamenti lenti. In particolare, sul versante lato Bari del Torrente Fiumarella è presente un corpo di frana attivo. In tale tratta la galleria si sviluppa sotto un corpo di frana con una copertura minima di circa 17 m.

Venute d'acqua in galleria e carichi idraulici elevati

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche riportate anche nel precedente paragrafo, il potenziale rischio di venute d'acqua concentrate e con portate significative in galleria in fase di scavo è del tutto assente.

Inoltre, sia sulla base delle evidenze acquisite dai sondaggi e dai campioni indisturbati prelevati dai sondaggi e dai piezometri IF16G11 e IF16G12, che non hanno rilevato la presenza di falda, si ritiene che non siano presenti carichi idraulici significativi.

Interferenza con sorgenti e pozzi

Lo studio dell'interferenza dello scavo della galleria di linea con le sorgenti ubicate nell'intorno del cavo è riportato nello Studio Idrogeologico, al quale si rimanda per i dettagli relativi ai metodi di calcolo ed ai risultati delle analisi. In ragione della presenza di elevate coperture per buona parte della galleria in progetto, è possibile affermare che l'impatto dello scavo delle gallerie sui punti d'acqua (pozzi e sorgenti) sarà nel complesso modesto.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 27 di 288

6 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS, di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS) la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidezza del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni tensio-deformativi sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 28 di 288

6.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO

La valutazione del comportamento deformativo del fronte è stata condotta utilizzando:

- il metodo delle linee caratteristiche (per le tratte ad alta copertura);
- i metodi di analisi della stabilità del fronte (per le tratte a bassa copertura).

Tali valutazioni sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni. In particolare, per la risposta allo scavo all'interno della formazione STF2 si sono considerate condizioni drenate.

La definizione delle sezioni analizzate è stata eseguita sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica, in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato.

6.2.1 Analisi con il metodo delle linee caratteristiche

Il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento) è un metodo di calcolo che consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi.

Il comportamento delle strutture di rivestimento e dell'ammasso sono studiati separatamente: la curva caratteristica del cavo (o curva di convergenza) rappresenta l'evoluzione della convergenza radiale del cavo al diminuire della tensione radiale agente sul contorno del profilo di scavo, espressa in funzione del tasso di deconfinamento λ con cui viene simulato l'effetto dello scavo in avanzamento; la curva caratteristica dei sostegni (o curva di confinamento) rappresenta l'evoluzione della loro convergenza radiale al crescere della pressione radiale agente sugli stessi. L'intersezione tra la curva di convergenza e la curva di confinamento individua il punto di equilibrio rappresentativo dello stato finale della galleria rivestita.

Le ipotesi alla base del metodo sono le seguenti:

- simmetria cilindrica e stato piano di deformazione;
- ammasso omogeneo ed isotropo;
- stato tensionale iniziale omogeneo ed isotropo.

Per l'ammasso si utilizza un modello costitutivo elasto-plastico, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Ove necessario, per la definizione del comportamento deformativo della galleria in funzione della distanza dal fronte, si è utilizzato il Nuovo Metodo Implicito (NMI).

Per il calcolo della convergenza al fronte si utilizzano le soluzioni analitiche per cavità sferiche.

Per le analisi relative alla fase di diagnosi finalizzate quindi alla sola valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso per la determinazione della categoria di comportamento, non viene presa in considerazione l'interazione con i sostegni, per cui la soluzione del problema è ridotta alla valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) in assenza di interventi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 29 di 288

Sezioni analizzate

Le diagnosi presentate in questo paragrafo includono, tramite il metodo delle Linee Caratteristiche, le valutazioni di stabilità per le sezioni : B2, B2*, C2 e C2p e Camerone di sosta e manovra ($C / D > 3$). Le analisi presentate di seguito non considerano un comportamento a cavo libero (non sostenuto) e in assenza di interventi di precontenimento al fronte / contorno.

Sezione B2

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione B2 una copertura massima di 35 m in corrispondenza della progressiva 0+200 in F1. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 30 di 288

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare

Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)

Progetto:

Curva caratteristica alla pk 200 nella formazione STF2
 Sezione tipo prevista in PD: B2

Dati:

Raggio della galleria	a (m)	=	5,55
Copertura	H (m)	=	40,55
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	=	22,00
Parametri di resistenza:			
Angolo di attrito nella zona plastica	φ_r (°)	=	29
Angolo di attrito nella zona elastica	φ_p (°)	=	29
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	=	0,07
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	=	0,07
Parametri di deformabilità:			
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	=	650,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	=	650,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	=	0,35
Aumento di volume nella zona plastica (V = (V _r -V _i)/V _i)	V (-)	=	0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	=	0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)			
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	=	0
Diametro di perforazione	D (m)	=	0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	=	8
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	=	0,2
Resistenza elemento in VTR	σ_{vid} (MPa)	=	750
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	=	0,00072
Stato di sforzo originario (isotropo)			
	S = γ _t · H	=	0,89
Coesione apparente nella zona plastica	CA_r = c _r · cotan φ _r	=	0,13
Coesione apparente nella zona elastica	CA_p = c _p · cotan φ _p	=	0,13
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	N_r = (1+sinφ _r)/(1-sinφ _r)	=	2,882
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	N_p = (1+sinφ _p)/(1-sinφ _p)	=	2,882
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	f_r = 2 · c _r · N _r ^{0,5}	=	0,24
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	f_p = 2 · c _p · N _p ^{0,5}	=	0,24
Coefficiente di dilatanza	K_w = (1+sinφ _p)/(1-sinφ _p)	=	1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	T = min(π · D · L · τ; σ _{vid} · A _{VTR})	=	0,502655
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	Δc = N · T · tan(45+φ _r /2)/(2πa ²)	=	0

Risultati:

Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = (Δc+c _r) · N _r ^{0,5}	=	0,119	u^f_{mn} (cm)	=	0,570
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa)	=	---	u_{riv} (cm)	=	---
Convergenza massima						
lontano dal fronte				u_{max} (cm)	=	3,052
vicino al fronte				u^f_{max} (cm)	=	1,074
Limite per caso elastico lineare						
lontano dal fronte	p (MPa)	=	0,398	u (cm)	=	0,569
vicino al fronte	p (MPa)	=	0,325	u (cm)	=	0,327
Rapporto di plasticizzazione massimo						
lontano dal fronte				R_{max} (-)	=	2,131
vicino al fronte				R^f_{max} (-)	=	1,403

Tabella 6 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 31 di 288

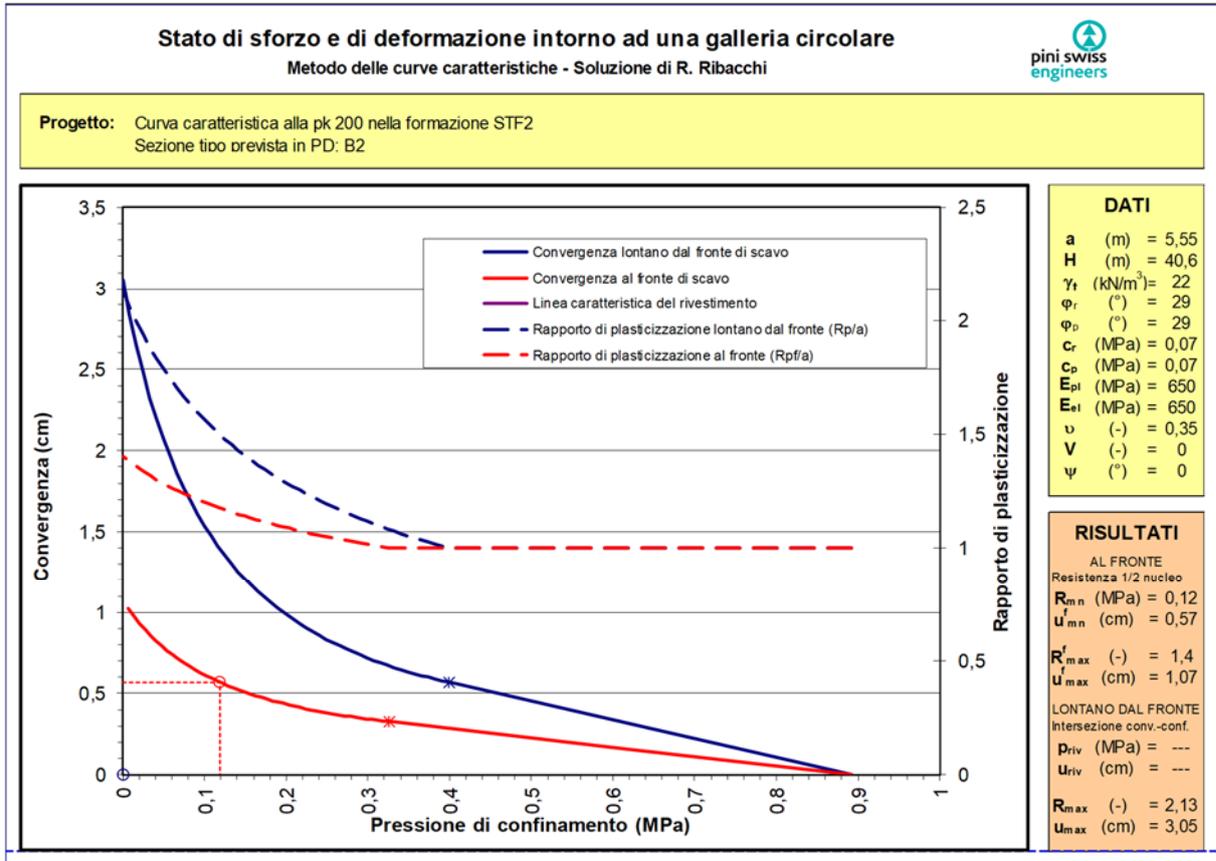


Figura 19 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 32 di 288

Sezione B2

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione B2 una copertura massima di 50 m in corrispondenza della progressiva 0+250 in F1. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 250 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,55
Copertura	H (m)	= 55,55
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	φ_r (°)	= 29
Angolo di attrito nella zona elastica	φ_p (°)	= 29
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,07
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,07
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 650,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 650,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica (V = (V _r -V _i)/V _i)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 8
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,2
Resistenza elemento in VTR	σ_{ylt} (MPa)	= 750
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,00072
Stato di sforzo originario (isotropo) S = γ _t · H = 1,22		
Coesione apparente nella zona plastica	CA_r = c _r · cotan φ _r	= 0,13
Coesione apparente nella zona elastica	CA_p = c _p · cotan φ _p	= 0,13
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	N_r = (1+sinφ _r)/(1-sinφ _r)	= 2,882
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	N_p = (1+sinφ _p)/(1-sinφ _p)	= 2,882
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	f_r = 2 · c _r · N _r ^{0,5}	= 0,24
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	f_p = 2 · c _p · N _p ^{0,5}	= 0,24
Coefficiente di dilatanza	K_v = (1+sinφ _p)/(1-sinφ _p)	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	T = min(π · D · L · τ; σ _{ylt} · A _{VTR})	= 0,502655
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	Δc = N · T · tan(45+φ _r /2)/(2πa ²)	= 0
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = (Δc+c _r) · N _r ^{0,5}	= 0,119
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa) = ---	
Convergenza massima		u_{mn} (cm) = 0,989
lontano dal fronte		u_{iv} (cm) = ---
vicino al fronte		u_{max} (cm) = 5,574
Limite per caso elastico lineare		u_{max} (cm) = 1,844
lontano dal fronte	p (MPa) = 0,568	u (cm) = 0,754
vicino al fronte	p (MPa) = 0,472	u (cm) = 0,432
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte		R_{max} (-) = 2,474
vicino al fronte		R_{max} (-) = 1,512

Tabella 7 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 33 di 288

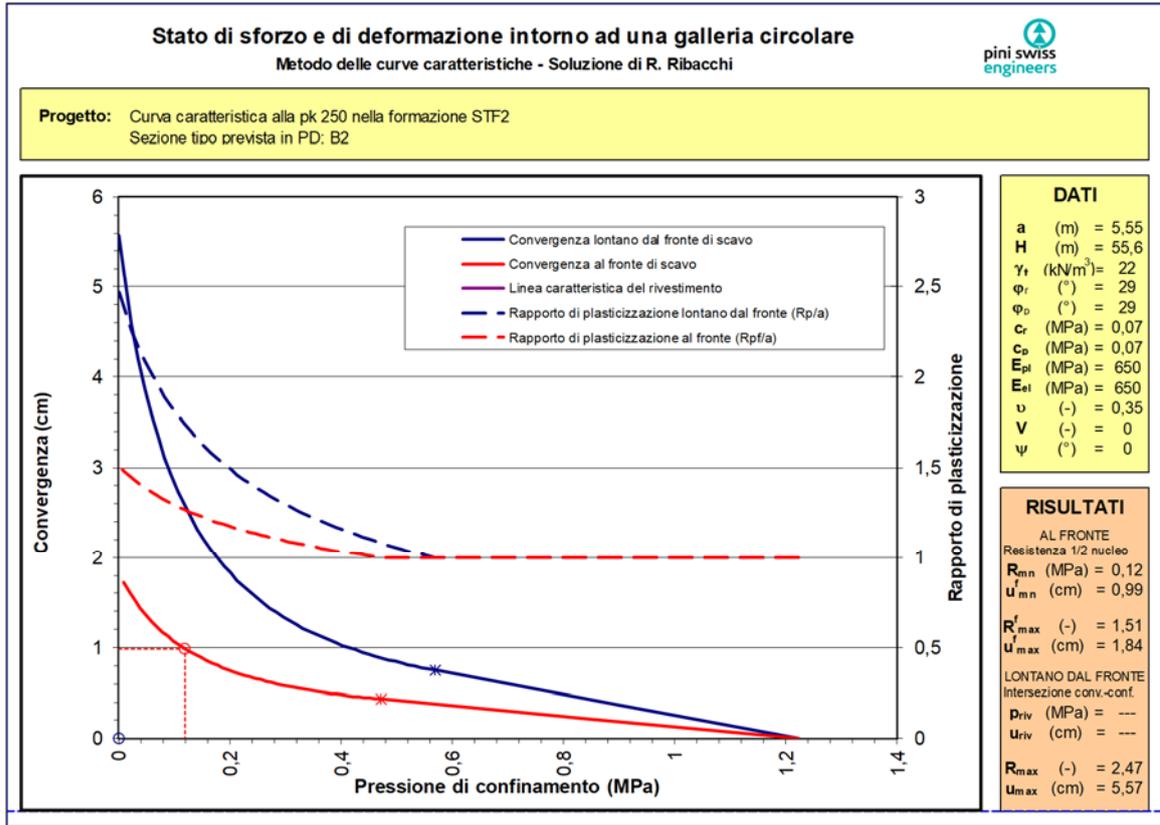


Figura 20 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 34 di 288

Sezione B2*

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione B2* una copertura massima di 178 m in corrispondenza della progressiva 0+850 in F1. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto:		
Curva caratteristica alla pk 850 nella formazione STF2		
Sezione tipo prevista in PD: B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,53
Copertura	H (m)	= 183,53
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,16
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,16
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_r - V_i)/V_i$)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 46
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 7
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,0016
Stato di sforzo originario (isotropo)	$S = \gamma_t \cdot H$	= 4,04
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_p = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,30
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0,30
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,77
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,77
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0.5}$	= 0,53
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 0,53
Coefficiente di dilatanza	$K_u = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,33
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0,131256
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0.5}$	= 0,48
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa) = ---	---
Convergenza massima vicino al fronte	u_{max}^f (cm)	= 4,45
Limite per caso elastico lineare vicino al fronte	p (MPa) = 1,69	u (cm) = 0,70
Rapporto di plasticizzazione massimo vicino al fronte	R_{max}^f (-)	= 1,71

Tabella 8 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2*

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 35 di 288

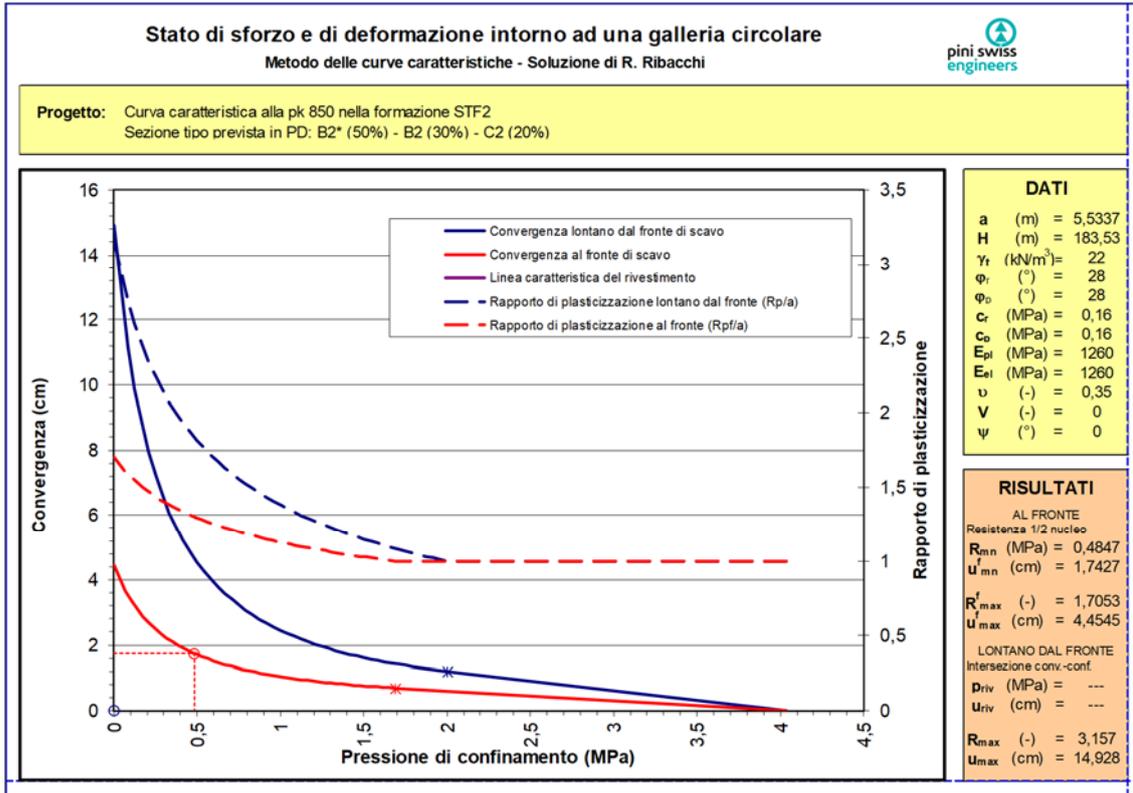


Figura 21 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione B2*

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 36 di 288

Sezione C2

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione C2 una copertura massima di 185 m in corrispondenza della progressiva 0+900 in F1. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 900 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,34
Copertura	H (m)	= 190,34
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_e (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,16
Coesione nella zona elastica	c_e (MPa)	= 0,16
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_r - V_e)/V_e$)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatazione	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 8
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{vid} (MPa)	= 761,9
Area reaagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,00157
Stato di sforzo originario (isotropo)		
	$S = \gamma_t \cdot H$	= 4,19
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,30
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_e = c_e \cdot \cotan \phi_e$	= 0,30
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,77
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_e = (1 + \sin \phi_e) / (1 - \sin \phi_e)$	= 2,77
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0,5}$	= 0,53
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_e = 2 \cdot c_e \cdot N_e^{0,5}$	= 0,53
Coefficiente di dilatazione	$K_v = (1 + \sin \phi_e) / (1 - \sin \phi_e)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min\{\pi \cdot D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{vid} \cdot A_{VTR}\}$	= 0,38
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_e) \cdot N_e^{0,5}$	= 0,27
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{iv} (MPa) =	---
Convergenza massima		u_{mn} (cm) = 2,50
vicino al fronte		u_{iv} (cm) = ---
Limite per caso elastico lineare		u_{max} (cm) = 4,59
vicino al fronte	p (MPa) = 1,76	u (cm) = 0,70
Rapporto di plasticizzazione massimo		R_{max}^r (-) = 1,72
vicino al fronte		

Tabella 9 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione C2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 37 di 288

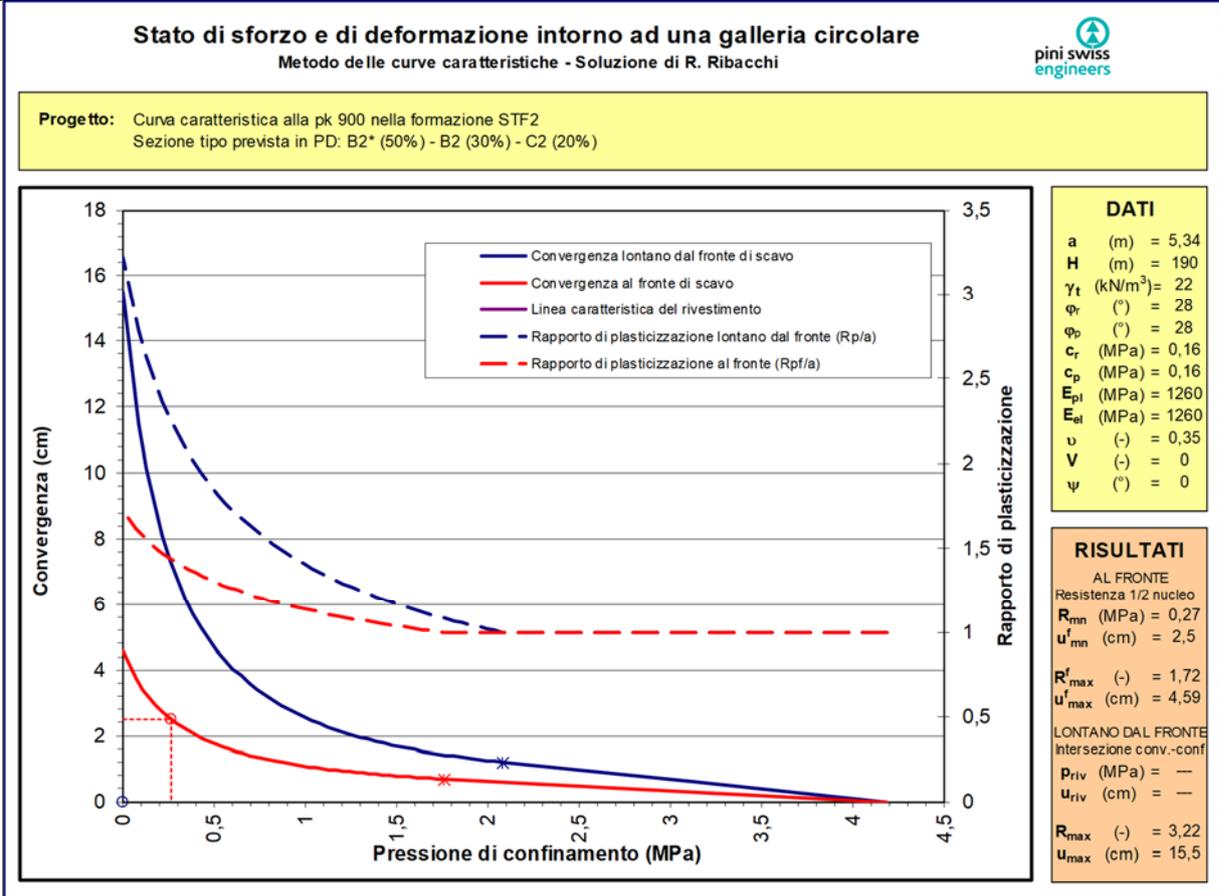


Figura 22 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione C2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 38 di 288

Sezione C2p

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione C2p una copertura massima di 180 m in corrispondenza della progressiva 56+770, all'estremità sud del PAS. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 56700 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: C2p (70%) - C2 (30%)		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m) = 5.55	
Copertura	H (m) = 185.55	
Peso specifico del terreno	γ_f (kN/m ³) = 22.00	
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°) = 28	
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_o (°) = 28	
Coesione nella zona plastica	c _r (MPa) = 0.16	
Coesione nella zona elastica	c _o (MPa) = 0.16	
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E _{pl} (MPa) = 1260.00	
Modulo di elasticità in zona elastica	E _{el} (MPa) = 1260.00	
Coefficiente di Poisson	ν (-) = 0.35	
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_r - V_o)/V_o$)	V (-) = 0.00	
Angolo di dilatazione	ψ (°) = 0.00	
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-) = 0	
Diametro di perforazione	D (m) = 0.1	
Lunghezza di ancoraggio	L (m) = 10	
Aderenza malta-terreno	τ (MPa) = 0.15	
Resistenza elemento in VTR	σ_{vid} (MPa) = 761.9	
Area reoagente barra in VTR	A _{VTR} (m ²) = 0.00157	
Stato di sforzo originario (isotropo)		
	S = $\gamma_f \cdot H$ = 4.08	
Coesione apparente nella zona plastica	CA _r = c _r · cotan ϕ_r = 0.30	
Coesione apparente nella zona elastica	CA _o = c _o · cotan ϕ_o = 0.30	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	N _r = (1 + sin ϕ_r) / (1 - sin ϕ_r) = 2.77	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	N _o = (1 + sin ϕ_o) / (1 - sin ϕ_o) = 2.77	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	f _r = 2 · c _r · N _r ^{0.5} = 0.53	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	f _o = 2 · c _o · N _o ^{0.5} = 0.53	
Coefficiente di dilatazione	K _v = (1 + sin ϕ_o) / (1 - sin ϕ_o) = 1	
Resistenza ultima di un elemento in VTR	T = min($\pi D \cdot L \cdot \tau$; $\sigma_{vid} \cdot A_{VTR}$) = 0.47	
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2) = 0$	
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R _{mn} (MPa) = ($\Delta c + c_r$) · N _r ^{0.5} = 0.27	u_{mn}^f (cm) = 2.47
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p _{iv} (MPa) = ---	u_{iv} (cm) = ---
Convergenza massima vicino al fronte		u_{max}^f (cm) = 4.56
Limite per caso elastico lineare vicino al fronte	p (MPa) = 1.71	u (cm) = 0.71
Rapporto di plasticizzazione massimo vicino al fronte		R _{max} ^f (-) = 1.71

Tabella 10 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione C2p

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 39 di 288

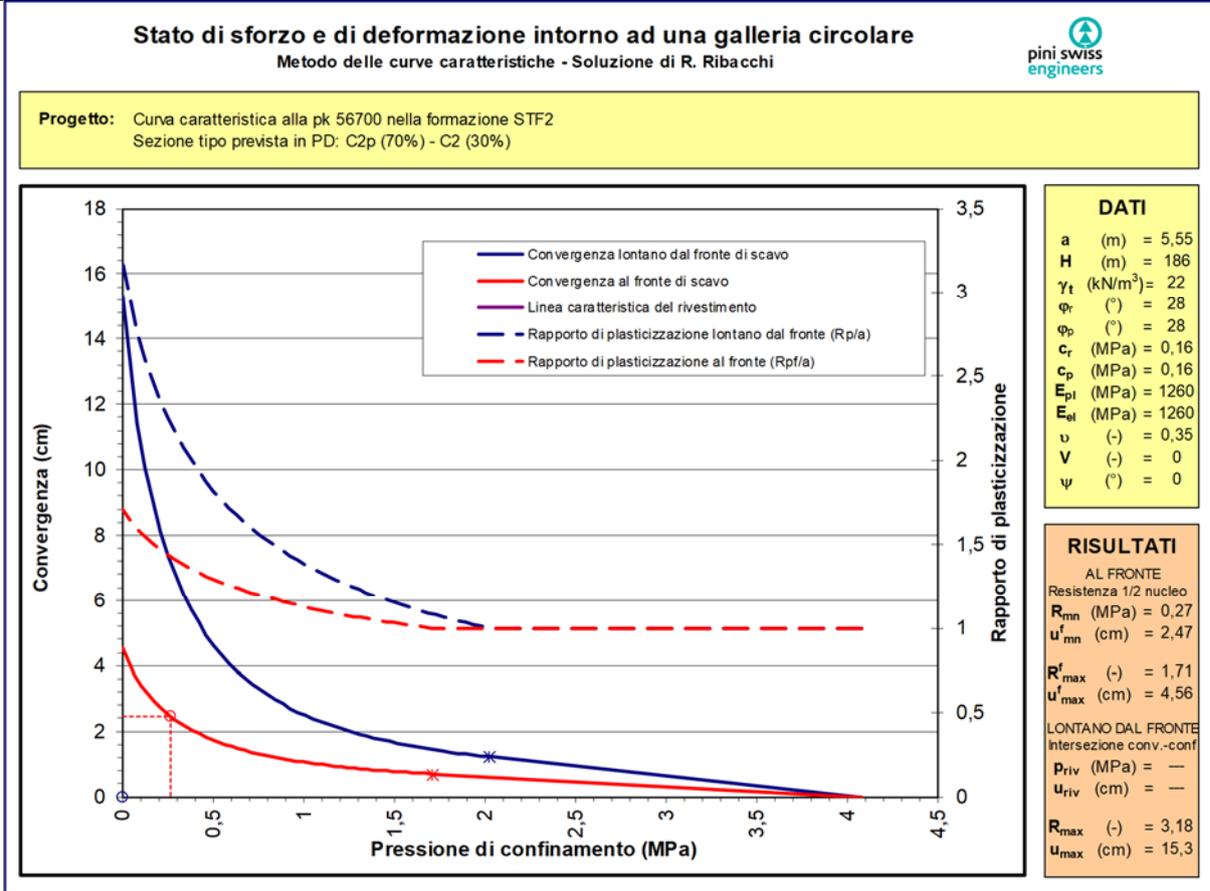


Figura 23 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione C2p

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 40 di 288

Sezione Camerone di sosta e manovra

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione del Camerone una copertura massima di 168,5 m in corrispondenza della progressiva 1 + 212,39. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4 e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 1 + 212,39 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: Camerone sosta e manovra		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 8,86
Copertura	H (m)	= 177,36
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	φ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	φ_p (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,16
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,16
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pi} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica (V = (V _r -V _i)/V _i)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatazione	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 8
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,2
Resistenza elemento in VTR	σ_{vid} (MPa)	= 750
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,00072
Stato di sforzo originario (isotropo)		
	S = γ_t · H	= 3,90
Coesione apparente nella zona plastica	CA_r = c_r · cotan φ_r	= 0,30
Coesione apparente nella zona elastica	CA_p = c_p · cotan φ_p	= 0,30
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	N_r = (1+sinφ_r)/(1-sinφ_r)	= 2,770
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	N_p = (1+sinφ_p)/(1-sinφ_p)	= 2,770
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	f_r = 2 · c_r · N_r^{0.5}	= 0,53
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	f_p = 2 · c_p · N_p^{0.5}	= 0,53
Coefficiente di dilatazione	K_φ = (1+sinφ_p)/(1-sinφ_p)	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	T = min(π · D · L · τ; σ_{vid} · A_{VTR})	= 0,502655
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	Δc = N · T · tan(45+φ_r/2)/(2πa²)	= 0
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = (Δc+c_r) · N_r^{0.5}	= 0,266
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{iv} (MPa) = ---	---
Convergenza massima		
lontano dal fronte	u_{mn} (cm) =	3,632
vicino al fronte	u_{iv} (cm) =	---
Limite per caso elastico lineare		
lontano dal fronte	u_{max} (cm) =	22,300
vicino al fronte	u_{fmax} (cm) =	6,705
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte	p (MPa) = 1,929	u (cm) = 1,873
vicino al fronte	p (MPa) = 1,627	u (cm) = 1,080
lontano dal fronte	R_{max} (-) =	3,101
vicino al fronte	R_{fmax} (-) =	1,690

Tabella 11 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione Camerone

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 41 di 288

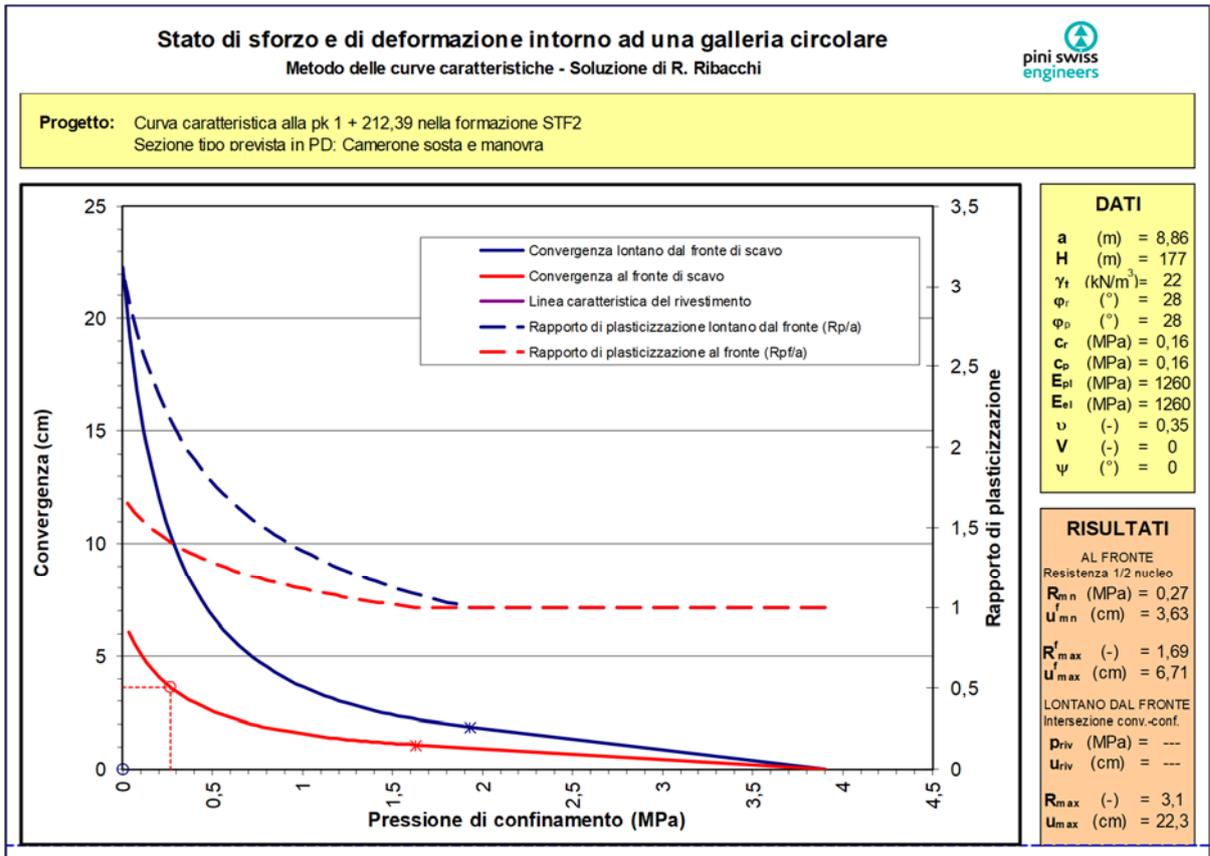


Figura 24 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione Camerone

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 42 di 288

Sintesi delle analisi con il metodo delle linee caratteristiche

Il presente paragrafo riassume in via tabellare i risultati delle diagnosi con il metodo delle Linee Caratteristiche. Conformemente alla classificazione di comportamento dello scavo (Par. 6.2), la categoria con metodo ADECO-RS in assenza di interventi di precontenimento, a cavo libero, è di tipo B – C, con possibilità di sviluppo di fenomeni plastici a breve termine (cfr. 6.2). Il medesimo risultato è comune a tutte le sezioni diagnosticate.

Tabella 12. Dati di ingresso delle sezioni tipo analizzate il metodo delle linee caratteristiche.

DATI DELLE SEZIONI ANALIZZATE									
progressiva [m]	profondità [m]	formazione	Sezioni tipo	Peso di volume [kN/m ³]	angolo d'attrito [°]	coesione [MPa]	v [-]	Modulo di deformabilità [MPa]	Raggio di scavo (m)
+200,00	40,6	STF2	B2	22	29	0,07	0,35	650,00	5,55
+250,00	55,6	STF2	B2	22	29	0,07	0,35	650,00	5,55
+850,00	183,5	STF2	B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)	22	28	0,16	0,35	1260,0	5,5
+900,00	190,3	STF2	B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)	22	28	0,16	0,35	1260,0	5,3
56+700,00	185,6	STF2	C2p (70%) - C2 (30%)	22	28	0,16	0,35	1260,0	5,6
1 + 212,39	177,4	STF2	Camerone sosta e manovra	22	28	0,16	0,35	1260,0	8,86

Tabella 13. Criterio di classificazione per il comportamento del fronte di scavo – ADECO-RS applicato al metodo delle LC.

u_{cavo} / R_{EQ}	R_{PL} / R_{EQ}	Classe di comportamento
< 0,2 %	< 1,2	A
0,2 – 0,5 %	1,2 – 1,5	B
> 0,5 %	> 1,5	C

Tabella 14. Risultati della diagnosi delle sezioni tipo (C / D > 3) – ADECO-RS applicato al metodo delle LC

RISULTATI AL FRONTE DI SCAVO							
R_{mn} (MPa)	u_{mn}^f (cm)	ε_{mn}^f (%)	R_{max}^f (-)	ΔF_{max}^f (m)	Categoria di comportamento metodo ADECORS	u_{cavo}/Req	Rpl/Req
0,12	0,57	0,10	1,40	2,24	A - B	A	B
0,12	0,99	0,18	1,51	2,84	A - C	A	C
0,48	1,74	0,31	1,71	3,90	B - C	B	C
0,27	2,50	0,47	1,72	3,85	B - C	B	C
0,27	2,47	0,45	1,71	3,94	B - C	B	C
0,27	3,63	0,41	1,69	6,11	B - C	B	C

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 43 di 288

6.2.2 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Sulla base del modello geotecnico derivato dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva e dei risultati delle diagnosi sopra descritte, esaminati in modo critico tenendo conto dell'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri di ammasso (rigidezza e resistenza), delle condizioni idrauliche al contorno, di eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e di possibili conseguenze per comportamenti imprevisti, è possibile concludere che:

Per l'unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2), in fase di diagnosi sono attesi i seguenti comportamenti nucleo-fronte in funzione delle coperture considerate:

- per le sezioni tipo B2 (Copertura 35m) ($C / D > 3$), il comportamento atteso al fronte è di tipo transitorio da stabile a stabile breve termine a instabile, di categoria A – B.
- per le sezioni tipo B2 (Copertura 50m), B2*, C2 e C2p e Camerone di sosta e manovra ($C / D > 3$), il comportamento atteso al fronte è di tipo transitorio da stabile a breve termine a instabile, di categoria B – C.

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 44 di 288

7 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo e del fronte a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento allo scavo in assenza di interventi (fase di diagnosi).

7.1 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, sono previste diverse sezioni tipo, intese come complesso inscindibile di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, confinamento, contenimento, drenaggio e delle relative tecnologie esecutive.

Per ciascuna sezione tipo è prevista l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta. La gestione delle acque in sotterraneo è garantita dall'installazione di 3+3 drenaggi in avanzamento, dall'impermeabilizzazione a tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e da un tubo microfessurato, al piede dell'impermeabilizzazione.

Lungo l'intera galleria, al fine di ridurre i carichi idraulici sui rivestimenti definitivi nel lungo termine, è prevista la sistematica adozione del sistema di drenaggio della falda, a tergo del rivestimento definitivo, mediante la messa in opera di due tubi di drenaggio, in corrispondenza di ciascuno dei piedritti, posizionati alla quota della ripresa di getto fra l'arco rovescio + murette e il rivestimento definitivo di calotta.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite per tutto il tratto di discesa della finestra F1 e per la galleria di sfollamento del PAS, in corrispondenza della tratta di tunnel di base a tra le progressive 56+325 e 56+770. In tale tratta finale occorre evidenziare come l'ottimizzazione del processo di scavo, rispetto al Progetto Definitivo, prevede il passaggio delle due canne ferroviarie con la TBM-EPB successivamente alla realizzazione in tradizionale della galleria di sfollamento.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 45 di 288

Sezione B2 – Discenderia F1 fino alla Progressiva 0+250 (copertura massima 50 m)

La sezione B2 prevede interventi di precontenimento del fronte e un rivestimento provvisorio in calotta e piedritti, composto da centine e spritz-beton. Può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine; ne è prevista l'applicazione prevalente (70%) nel tratto a bassa copertura in prossimità dell'imbocco della finestra F1, fino a coperture di circa 50 m in corrispondenza della progressiva a 250 m. Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 elementi strutturali in VTR, L = 17,0 m (sovrapposizione minima 7,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m ;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,80 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri (ottimizzata rispetto al progetto definitivo) – incidenza di 60 kg/mc ;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0,70 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri – incidenza di 50 kg/mc ;

Sezione B2* – Discenderia F1 fino alla Progressiva 0+750 (copertura massima 187 m)

La sezione B2* prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e un rivestimento provvisorio in calotta e piedritti. È prevista l'applicazione prevalente (50%) fino al tratto ad alta copertura (H → 187m) nella discenderia F1. Per coperture maggiori, fino al raccordo con il tunnel di base (coperture di circa 190 m), la sezione B2* può essere progressivamente sostituita dalle sezioni di tipo C2 e, infine, C2p, presentate successivamente. Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B2*, ordinati secondo le fasi esecutive previste :

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 elementi strutturali in VTR, L = 17,0 m (sovrapposizione minima 7,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m ;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB180 con passo 1,2 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1,10 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri (ottimizzata rispetto al progetto definitivo) – incidenza di 100 kg/mc ;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,00 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri – incidenza di 80 kg/mc.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>46 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	46 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	46 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

Sezione C2 – Discenderia F1 fino alla Progressiva 0+900 (copertura massima 185 m)

La sezione C2 prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e un rivestimento provvisorio in calotta e piedritti. Può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C); ne è prevista l'applicazione per prevalenze non superiori a 30% fino alla copertura massima in F1, pari a 185 m conformemente all'aggiornamento del profilo geotecnico. Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2p, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 25 elementi strutturali in VTR, L = 18,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 43 elementi strutturali in VTR, L = 15,0 m (sovrapposizione minima 5,0 m) passo 0,50 m, cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al piede centina realizzato mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, L media 13,5 m cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri (ottimizzata rispetto al progetto definitivo) – incidenza di 60 kg/mc ;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0,80 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri – incidenza di 50 kg/mc.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 47 di 288

Sezione C2p – Galleria di sfollamento PAS alla Progressiva 56+770 del TdB (copertura massima 180 m)

La sezione C2p prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e un rivestimento provvisorio anche in arco rovescio (centina puntone). Può essere impiegata nelle tratte a comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C); ne è prevista l'applicazione prevalente (al 70%) nel tratto ad alta copertura (massimo 180 m) a livello del tunnel di base, come galleria di sfollamento per il PAS tra le progressive 56+325 e 56+770. In conformità all'aggiornamento del progetto definitivo, è realizzata prima del passaggio delle TBM di scavo meccanizzato delle canne sinistra e destra. I rivestimenti sono quindi concepiti per riprendere le variazioni di sforzo successive alla loro realizzazione e dovuti ai detensionamenti generati dal passaggio dello scavo meccanizzato. Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2p, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 30 elementi strutturali in VTR, L = 20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 43 elementi strutturali in VTR, L = 20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) passo 0,50 m, cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al piede centina realizzato mediante 5+5 elementi strutturali in VTR, L media 13,5 m cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB180 con passo 1,0 m $\pm 20\%$. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB240 con passo 1.00 m $\pm 20\%$ e 0,30 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,10 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri (ottimizzata rispetto al progetto definitivo) – incidenza di 100 kg/mc ;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0,90 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri – incidenza di 80 kg/mc.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 48 di 288

Sezione Camerone di sosta e manovra (copertura massima 168,5 m)

La sezione del Camerone sia di sosta sia di manovra prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno e un rivestimento provvisorio anche in arco rovescio (centina puntone) in quanto caratterizzata da un comportamento nucleo-fronte instabile (categoria C). In conformità all'aggiornamento del progetto definitivo, è realizzata prima del passaggio delle TBM di scavo meccanizzato delle canne sinistra e destra. I rivestimenti sono quindi concepiti per sostenere le variazioni tensionali indotte dallo scavo, con TBM-EPB, delle due gallerie ferroviarie. Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 41 elementi strutturali in VTR, L = 20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 111 elementi strutturali in VTR. L = variabile con (sovrapposizione variabile), cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del precontenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- precontenimento al piede centina realizzato mediante 6+6 elementi strutturali in VTR L = variabile m, cementati in foro con miscele espansive.
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 0,8 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 7,8 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,35 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB300 con passo 0,8 m. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB300 con passo 0,8 m e 0,35 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,50 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 49 di 288

7.2 AZIONI DI MITIGAZIONE DEI POTENZIALI RISCHI

Le azioni di mitigazione dei potenziali rischi individuati nella fase conoscitiva sono state descritte nei paragrafi precedenti e sono di seguito riepilogate:

Instabilità del fronte e del cavo

Per le tratte in scavo tradizionale, i potenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo sono mitigati mediante l'esecuzione di interventi di consolidamento al fronte propedeutici allo scavo in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi e prevenire, quindi, lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso. Nel caso in cui, all'atto dello scavo, il grado di fratturazione dovesse risultare più elevato, è prevista l'applicazione di sezioni con specifici interventi di stabilizzazione (chiodatura radiale).

Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti

Per gli edifici potenzialmente interferenti con gli scavi individuati in prossimità dell'imbocco della finestra F1 e del pozzo di lancio TBM le analisi condotte hanno evidenziato effetti indotti trascurabili applicando le soluzioni progettuali previste per l'avanzamento e lo scavo. Non si prevedono, pertanto, specifici interventi di protezione delle interferenze.

Fenomeni deformativi

Comportamenti deformativi significativi all'atto dello scavo possono manifestarsi nella tratta centrale della galleria Hirpinia, con coperture elevate: in tale tratta è previsto il prevalente ricorso a sezioni di scavo e consolidamento. Per lo scavo tradizionale, in caso di applicazione di sezioni di forma policentrica, come la C2p, il dimensionamento dei rivestimenti definitivi è stato condotto tenendo conto degli effetti del rigonfiamento in termini di incremento di pressione agente al contorno.

Interferenza con fenomeni di instabilità in superficie

Potenziali interferenze con fenomeni di dissesto e di instabilità dei versanti si riscontrano nelle zone di sottoattraversamento, con coperture limitate, dei corsi idrici (torrenti Avella e Fiumarella). Tali tratte sono previste in scavo meccanizzato mediante TBM-EPB. L'avanzamento è in modalità chiusa, con applicazione della pressione al fronte, al fine di limitare sensibilmente i risentimenti indotti al contorno dell'opera in sotterraneo.

Venute d'acqua in galleria e carichi idraulici elevati

Il rischio di venute d'acqua significative in fase di scavo è basso o molto basso. Ad ogni modo nel tratto realizzato con metodo di scavo tradizionale, le sezioni prevedono l'eventuale esecuzione di drenaggi in avanzamento e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta.

Azione sismica

La progettazione delle opere in sotterraneo è stata sviluppata dimensionando e verificando le opere anche con riferimento all'azione sismica. Le verifiche dei rivestimenti definitivi delle gallerie condotte nei confronti degli stati limiti di salvaguardia della vita (SLV) e di danno (SLD).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 50 di 288

Esposizione ambientale e attacco chimico

Il rischio di attacco chimico su calcestruzzi dei rivestimenti definitivi delle opere in progetto è gestito con l'adozione dei provvedimenti previsti dalle norme UNI-EN 206, UNI 11104, UNI 11417-1 e UNI 9156. In particolare, si riportano di seguito (Tabella 15) le indicazioni della UNI 11104, che definisce le misure preventive da adottare in termini di massimo rapporto acqua/cemento (a/c), minima classe di resistenza e minimo contenuto in cemento (kg/m³). Per le classi di esposizione XA1 e XA2 è inoltre da prevedere l'impiego di cementi resistenti ai solfati secondo le indicazioni della UNI 11417. Per i dettagli si rimanda all'elaborato "Caratteristiche dei materiali".

UNI 11104:2016	prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																		
	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45			
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C32/40	C35/45		
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	320	340	360		
Contenuto minimo in aria (%)											b)	4,0 a)							
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c)			

Tabella 15 : classe di esposizione secondo la UNI 11104-2016

Rischio gas in galleria

I risultati degli studi condotti per la determinazione del rischio gas hanno confermato la presenza di metano nelle formazioni interessate dagli scavi della galleria Hirpinia.

Per le misure di sicurezza e per gli interventi atti a mitigare il rischio di presenza di gas nella fase di realizzazione delle gallerie, si rimanda al Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Per le misure di sicurezza da adottare in fase di scavo e per gli interventi atti a mitigare il rischio di presenza di gas nella fase di realizzazione delle gallerie, si rimanda al Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Rispetto al rischio gas, associato all'eventuale gas metano disciolto nell'acqua drenata dall'ammasso, si è scelto di adottare un sistema di drenaggio confinato rispetto all'ambiente galleria, prevedendo:

- la realizzazione di tubazioni di raccolta delle acque provenienti dall'ammasso, annegate nel riempimento in calcestruzzo, garantendo adeguato spessore di confinamento, al fine di garantire la segregazione con l'atmosfera della galleria,
- la chiusura ermetica (al gas ed ai fumi) di tutti i punti di contatto del circuito di drenaggio verso l'ambiente galleria (es. tubi di spurgo, pozzetti di ispezione), con adeguato isolamento termico e in grado di rispettare la segregazione di cui al punto precedente,
- l'individuazione di apposite procedure per le attività di ispezione, manutenzione o interventi di modifica.

All'esterno della galleria tale circuito sarà collegato con il sistema di drenaggio previsto per le opere all'aperto (trincee, rilevati), garantendo la naturale degassazione della miscela metano-aria. I punti di recapito all'aperto della suddetta tubazione dedicata dovranno essere opportunamente protetti da potenziali sorgenti di innesco.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 51 di 288

Per ulteriori dettagli in merito al sistema di smaltimento delle acque in galleria si rimanda agli specifici elaborati di progetto. In fase realizzativa, particolare cura dovrà essere posta nella posa in opera di tutti gli elementi del sistema di impermeabilizzazione e drenaggio, a garanzia della massima efficienza delle soluzioni di progetto.

7.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni della Normativa vigente.

Con riferimento ai rivestimenti in calcestruzzo, si sottolinea che la classe di resistenza riportata nelle tabelle che seguono è quella utilizzata ai fini della modellazione numerica e delle verifiche strutturali. Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato di progetto Caratteristiche dei materiali - Note generali.

Interventi di precontenimento

Elementi in vetroresina strutturali / a 3 piatti	
Resistenza a trazione caratteristica	$f_{tk} = 800 \text{ MPa}$
Resistenza a taglio	$\tau = 150 \text{ MPa}$
Contenuto in vetro	70%
Diametro di perforazione	> 100 mm

Acciaio per infilaggi al contorno	
Tipo	S 355
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} \geq 338.0 \text{ MPa}$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 52 di 288

Rivestimento provvisorio

Calcestruzzo proiettato (fibrorinforzato)	
Classe di resistenza	<i>C 25/30</i>
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = f_{ck}/1.5 = 16.66 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a compressione a 2 giorni	$f_{cd} = f_{ck}/1.5 = 10.83 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ MPa}$

Acciaio per centine		
Tipo	<i>S 275</i>	<i>S 355</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} \geq 261.9 \text{ MPa}$	$f_{yd} \geq 338.1 \text{ MPa}$

Rivestimento definitivo

Calcestruzzo	
Classe di resistenza	<i>C 25/30</i>
Resistenza a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck}/1,5 = 14,16 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22\ 000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 31\ 475 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	<i>B450C</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_{lim} = 0,8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 53 di 288

7.4 ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO

Le soluzioni progettuali descritte nel capitolo precedente sono state analizzate per verificarne adeguatezza ed efficacia, con riferimento al modello geotecnico illustrato nel capitolo 8 e nel rispetto delle indicazioni della normativa vigente.

Le sezioni di analisi sono state definite sulla base della fase conoscitiva e dei risultati delle analisi di diagnosi, individuando le condizioni più rappresentative anche in termini di copertura e condizioni idrauliche. In Tabella 16 sono riepilogate le analisi eseguite.

Con riferimento a tali 6 analisi condotte, le progressive e relative coperture di ciascuna analisi sono state individuate in corrispondenza, cautelativamente, delle massime coperture relative alle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo, in accordo al profilo longitudinale geotecnico e geomeccanico (elaborati F3A02EZZF7GN0201001 e IF3A02EZZF7GN0201002).

Tabella 16 : sezioni di analisi della fase di terapia

Analisi	Sezione	P.K.	Formazione	Copertura (m da calotta)
1	B2	0+200 in F1	STF2	35
2	B2	0+250 in F1	STF2	50
3	B2*	0+850 in F1	STF2	178
4	C2	0+900 in F1	STF2	185
5	C2p	56+770	STF2	180
6	Camerone di sosta e di manovra	56+770	STF2	168,5

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 54 di 288

7.4.1 Criteri di verifica

Le analisi di stabilità del fronte di scavo, analogamente a quanto già fatto in fase di diagnosi per la valutazione del comportamento del fronte in assenza di interventi, sono state condotte utilizzando:

- il metodo delle linee caratteristiche (per le sezioni ad alta copertura);
- i metodi di analisi della stabilità del fronte (per le sezioni a bassa copertura).

Anche in merito alla risposta allo scavo (in condizioni drenate), sono stati riproposti gli stessi criteri adottati nella fase di diagnosi in funzione delle formazioni interessate.

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici agli elementi finiti (PLAXIS).

Stabilità del fronte

Le analisi di stabilità del fronte e del cavo sono mirate alla valutazione dello sviluppo di possibili meccanismi di collasso, con o senza propagazione verso la superficie, o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno ed in superficie. Trattandosi di una verifica per uno stato limite ultimo di tipo GEO, si è utilizzato l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 = 1.

La verifica della stabilità del fronte è condotta applicando i coefficienti parziali sui parametri di resistenza dell'ammasso e valutando il risultato della verifica in funzione della formulazione del particolare metodo di calcolo adottato (si può fare riferimento, ad esempio, al fattore di stabilità, o alla pressione di equilibrio sul fronte, o al coefficiente di sicurezza globale o a sviluppo di elevate deformazioni / plasticizzazioni al fronte).

Gli interventi di consolidamento del fronte, realizzati mediante elementi strutturali in VTR, sono simulati mediante un incremento di coesione equivalente del fronte (Δc) valutato attraverso il calcolo della pressione equivalente al fronte (σ_3) determinata sulla base del valore più basso tra resistenza a trazione e resistenza a sfilamento dei singoli elementi, secondo le seguenti relazioni:

$$\Delta c = \frac{1}{2} \sqrt{K_p} \cdot \sigma_3^{VTR}$$

Con:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

$$\sigma_3^{VTR} = \min(\sigma_{3,A}^{VTR}, \sigma_{3,B}^{VTR})$$

$$\sigma_{3,A}^{VTR} = \frac{\tau_{bk} \cdot L_A \cdot p_A}{A_i}$$

$$\sigma_{3,B}^{VTR} = \frac{f_{tk} \cdot A_T}{A_i}$$

dove:

τ_{bk} = tensione di aderenza all'interfaccia con il terreno,

L_A = lunghezza utile dell'elemento,

p_A = perimetro dell'interfaccia con il terreno,

f_{tk} = resistenza a trazione dell'elemento in VTR,

A_T = sezione resistente a trazione dell'elemento in VTR

A_i = area di influenza del singolo elemento di consolidamento.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 55 di 288

Le valutazioni relative all'effetto dei consolidamenti sono condotte a partire dai parametri geotecnici caratteristici e adottando coefficienti parziali unitari sulle resistenze dei materiali; agli incrementi di coesione equivalente calcolati come sopra descritto può quindi essere applicato lo stesso coefficiente parziale previsto per la coesione dell'ammasso.

Interazione opera-terreno

Il comportamento del sistema opera-terreno è analizzato nelle diverse fasi costruttive, fino alla configurazione finale, e in condizioni di esercizio. Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento deformativo al contorno dello scavo e dei carichi attesi sui sostegni provvisori e sui rivestimenti definitivi, e, nel caso delle gallerie superficiali, alla valutazione degli effetti indotti al piano campagna. Le analisi consentono, pertanto, di verificare:

- stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza del terreno/ammasso roccioso interessato dallo scavo (stato limite ultimo di tipo GEO), con lo sviluppo di fenomeni di instabilità del fronte o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno ed in superficie;
- stati limite ultimi relativi al raggiungimento delle resistenze degli elementi strutturali che costituiscono gli interventi di stabilizzazione, del rivestimento di prima fase e del rivestimento definitivo (stato limite ultimo di tipo STR);
- stati limite di esercizio.

Per le verifiche di stati limite ultimi STR, le analisi di interazione opera – terreno sono condotte con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e applicando i coefficienti parziali amplificativi delle azioni all'effetto delle azioni (le sollecitazioni negli elementi strutturali). Ciò significa adottare la Combinazione 1 dell'Approccio 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e le azioni variabili sono amplificate mediante i coefficienti del gruppo A1.

Pertanto, con la combinazione dei carichi fondamentale si procede secondo questo schema:

- verifiche SLU interventi di stabilizzazione: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T;
- verifiche SLU rivestimento di prima fase: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T;
- verifiche SLU rivestimento definitivo: $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M, T.

Per la verifica degli stati limite di esercizio (SLE) del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato, le analisi numeriche sono condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, adottando le pertinenti combinazioni dei carichi per la verifica di fessurazione e la verifica delle tensioni di esercizio, secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.

Le analisi di interazione opera-terreno sono state condotte con modelli numerici bidimensionali mediante il codice di calcolo PLAXIS V21.

In tale tipologia di analisi lo scavo della galleria viene simulato rilasciando in modo uniforme un sistema di forze equivalenti applicate sul contorno del profilo di scavo, tenendo conto della variazione del tasso di confinamento in funzione della distanza della sezione di calcolo dal fronte; in questo modo il problema tridimensionale dello scavo della galleria viene ricondotto ad un problema piano, con la possibilità di valutare le azioni sulle strutture di rivestimento al progredire degli avanzamenti.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 56 di 288

Valutazione del copriferro di calcolo

Il copriferro di progetto, c_{nom} , viene espresso (in mm) come:

$$c_{nom} = c_{min} + 10$$

in cui c_{min} rappresenta il massimo tra il copriferro necessario per garantire la corretta trasmissione delle forze di aderenza, $c_{min,b}$, e quello necessario per garantire protezione all'acciaio, $c_{min,dur}$.

Per armature isolate $c_{min,b}$ è pari al diametro della barra, nel caso in esame il diametro massimo dei ferri di forza impiegato per il rivestimento definitivo è 24mm ($\varphi 24$), $\varphi 30$ per il Camerone.

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame, per XA1 attacco chimico, si ricade in condizioni ambientali aggressive.

Le armature risultano poco sensibili alla corrosione, trattandosi di acciaio ordinario.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m^3) ^{d)}	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360				
Contenuto minimo in aria (%)											b)	4,0 ^{a)}							
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}			

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20mm$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{upper} tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 17: estratto prospetto 5 UNI11104-2016

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 57 di 288

Per ciò che concerne il valore di $C_{min,dur}$, si è fatto riferimento ai valori della Tabella C4.1.IV (Circolare NTC2018):

Tabella C4.1.IV - Copriferrini minimi in mm

C_{min}	C_0	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 (Tabella 17).

Dal momento che ai fini delle verifiche è stato impiegato un calcestruzzo C25/30 e dunque minore di C_{min} , la circolare delle NTC2018 al paragrafo C.4.1.6.1.3 prevede che i valori di tabella C4.1.IV. siano da incrementare di 5mm. (ad eccezione del camerone dove è previsto un calcestruzzo C32/40)

Si perviene dunque al calcolo del copriferro di progetto:

$$c_{nom} = \text{Max}(30+5;24) + 10 = 45\text{mm (B2, B2*, C2, C2p)}$$

$$c_{nom} = \text{Max}(30;30) + 10 = 40\text{mm (Cameroni di sosta e di manovra)}$$

Detto ciò, cautelativamente, il copriferro assunto nei calcoli è pari a 50 mm.

L'effetto dei consolidamenti del fronte di scavo è stato tenuto in conto in modo indiretto, nella definizione della percentuale di rilascio delle forze equivalenti applicate sul contorno del profilo di scavo in corrispondenza del fronte.

Le strutture di rivestimento provvisorio della galleria vengono simulate con elementi di volume elastico-lineari, con proprietà di rigidità ed inerzia definite considerando un omogeneizzazione tra centine e spritz-beton. In fase di verifica degli elementi strutturali, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa), vengono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidità assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) vengono assegnati interamente alle centine.

Lo spritz-beton viene verificato a semplice compressione secondo la seguente disuguaglianza (in accordo con il D.M. 17/01/2018):

$$\sigma_{sb,d,max} = \frac{N_{Sd,sb}}{A_{sb}} \leq f_{cd}$$

dove:

$N_{Sd,sb}$ rappresenta lo sforzo normale di calcolo sullo spritz-beton:

$$N_{Sd,sb} = N_{Sd} \frac{E_{sb} \cdot A_{sb}}{E_{sb} \cdot A_{sb} + E_{cent} \cdot A_{cent}}$$

N_{Sd} rappresenta lo sforzo normale di calcolo;

A_{sb} rappresenta l'area resistente dello spritz-beton;

$E_{sb} \cdot A_{sb}$ rappresenta la rigidità assiale dello spritz-beton;

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 58 di 288

$E_{cent} \cdot A_{cent}$ rappresenta la rigidezza assiale della centina.

La verifica delle centine a taglio e pressoflessione (per tutte le classi di sezione, tenendo in conto eventuali instabilità locali) può essere condotta confrontando la tensione ideale calcolata a partire dalle tensioni indotte da ciascuna caratteristica della sollecitazione, con la resistenza di calcolo dell'acciaio, come di seguito specificato:

$$\sigma_{cent,d,max} = \frac{N_{Sd,cent}}{A_{cent}} + \frac{M_{Sd}}{W_{cent}}$$

$$\tau_{cent,d} = \frac{V_{Sd}}{A_{V,cent}}$$

$$\sigma_{id,cent,d} = \sqrt{\sigma_{cent,d,max}^2 + 3\tau_{cent,d}^2} \leq f_{yd}$$

dove:

$N_{Sd,cent}$ rappresenta lo sforzo normale di calcolo sulla centina:

$$N_{Sd,cent} = N_{Sd} \frac{E_{cent} \cdot A_{cent}}{E_{sb} \cdot A_{sb} + E_{cent} \cdot A_{cent}}$$

N_{Sd} rappresenta lo sforzo normale di calcolo;

A_{cent} rappresenta l'area resistente della centina;

$E_{sb} \cdot A_{sb}$ rappresenta la rigidezza assiale dello spritz-beton;

$E_{cent} \cdot A_{cent}$ rappresenta la rigidezza assiale della centina;

W_{cent} rappresenta il modulo resistente elastico della centina;

M_{Sd} e V_{Sd} rappresentano il momento flettente e il taglio di calcolo;

$A_{V,cent}$ rappresenta l'area resistente a taglio della centina.

La verifica dello spritz-beton e delle centine è stata eseguita a 28 giorni.

Le strutture di rivestimento definitivo della galleria sono simulate con elementi di volume aventi comportamento elastico-lineare

Nella fase di verifica del rivestimento definitivo si considera la perdita di funzionalità degli interventi di stabilizzazione e miglioramento e del rivestimento di prima fase.

La verifica strutturale prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

Interazione opera-terreno in presenza di azione sismica

Come testimoniato dalla casistica di gallerie che hanno riportato danni in conseguenza di terremoti, le opere in sotterraneo sono caratterizzate da una minore vulnerabilità sismica rispetto alle opere fuori terra, per diversi motivi, tra cui l'assenza delle onde superficiali di Rayleigh oltre certe profondità, il rapporto relativo tra la massa della struttura e la massa del terreno circostante, lo smorzamento garantito dall'effetto di confinamento del terreno al contorno.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 59 di 288

Tuttavia, in contesti come quello in esame, caratterizzati dalla probabilità di eventi sismici di magnitudo elevata (superiore a 6) o in prossimità di sorgenti simiche, è opportuno che la progettazione delle opere in sotterraneo preveda anche la valutazione degli effetti indotti dal sisma, per verificarne le prestazioni di sicurezza e funzionalità.

In assenza di indicazioni normative specifiche, si ritiene ragionevole mutuare i principi fondamentali stabiliti dal DM 17/01/2018 per le opere e i sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, che riguardano i requisiti nei confronti degli stati limite (stato limite di salvaguardia della vita, SLV, e stato limite di danno, SLD), la caratterizzazione geotecnica ai fini sismici, la risposta simica locale, le metodologie di analisi.

In accordo con le metodologie di analisi previste dalla normativa tecnica e con quanto indicato nelle linee guida internazionali emesse dall'International Tunnelling Association, ITA, e dall'Association Francaise des Tunnels et de l'Espace Souterrain, AFTES, per l'analisi in condizioni sismiche delle opere in progetto

si fa riferimento all'approccio pseudo-statico nel quale l'azione sismica è definita mediante un'azione statica equivalente, costante nel tempo e nello spazio. La risposta simica di opere in sotterraneo è governata principalmente dal comportamento del terreno circostante e non dalle caratteristiche inerziali della struttura, pertanto l'approccio pseudo-statico prevede l'applicazione di un campo di deformazioni di taglio.

Le sezioni di galleria analizzate nei confronti dell'azione sismica sono state definite individuando le condizioni più rappresentative ai fini di una analisi sismica, sulla base del contesto geotecnico, della copertura e della metodologia di scavo.

Nel proseguo del presente paragrafo sono illustrati i criteri adottati per la definizione dell'azione sismica di progetto e le modalità di verifica dei rivestimenti definitivi delle galleria condotte sia in riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) sia rispetto allo stato limite di danno (SLD). Non si è tenuto conto dell'azione sismica sui rivestimenti di prima fase in virtù della provvisorietà degli stessi.

In merito agli effetti indotti dal sisma nelle zone di intersezione tra la galleria ed altre opere accessorie (finestre, by-pass..) si evidenzia che nel progetto in esame tali zone risultano ubicate prevalentemente in corrispondenza di elevate coperture in cui le opere ricadono all'interno del bedrock. Inoltre, le analisi in condizioni statiche sono state condotte, a vantaggio di sicurezza, trascurando l'effetto tridimensionale dell'intersezione e analizzando separatamente sezioni trasversali di galleria (linea, finestra, bypass...). Pertanto, anche nel caso in cui l'evento sismico dovesse generare spostamenti differenziali e zone di concentrazione di tensioni in corrispondenza dell'intersezione, la stabilità della galleria di linea e dell'opera accessoria interferita non risulterebbero compromesse.

Definizione dell'azione sismica di progetto

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi nelle quali l'azione sismica è definita in termini di storia temporale di accelerazione (cfr. DM 17/01/2018, § 7.11.3.1).

In alternativa, l'effetto della risposta sismica locale può essere valutato con approccio semplificato (cfr. DM 17/01/2018, §3.2.2 basato sulla classificazione del sottosuolo in base ai valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni risultino chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.3.II del DM 17/01/2018. In questo caso, il moto sismico in superficie è definito mediante l'accelerazione massima attesa, PGA.

In entrambi i casi, una volta definita l'azione sismica di progetto, gli effetti indotti sulla galleria sono stimati mediante un approccio di tipo pseudo-statico. Nello specifico, per le opere in sotterraneo, gli effetti indotti dal sisma sono riprodotti sotto forma di una deformazione di taglio massima, agente alla quota della galleria, ricavata a partire dall'azione sismica di progetto.

Nel caso in cui l'effetto della risposta sismica sia valutato con approccio semplificato, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 60 di 288

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

Dove:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
- S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e ag/g (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);
- S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla
- categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

L'accelerazione orizzontale massima ag è funzione delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno T_R valutato a partire dalla probabilità di superamento dell'azione sismica (PVR) attribuita allo stato limite ultimo considerato e del periodo di riferimento dell'azione sismica dell'opera in progetto (V_R), secondo la seguente espressione:

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

Per quanto riguarda la sezione B2 (Analisi n.1 al paragrafo 7.4.5), la deformazione distorsionale di taglio massima in condizioni sismiche è stata ricavata attraverso la seguente formula semplificata per il caso di galleria profonda in un suolo omogeneo (Newmark 1967):

$$\gamma = \frac{V_s}{C_s}$$

In cui C_s è la velocità delle onde di taglio ($C_s = (G/\rho)^{0.5}$) e V_s la velocità stimata in affioramento "Peak ground velocity".

Nello specifico, la velocità di propagazione delle onde di taglio alla profondità di interesse è stata ottenuta sulla base dei risultati di indagine sismica MASW eseguita in sito.

A questo riguardo viene anche proposta una correlazione sotto riportata (Power et al., 1996) tra la PGV e la PGA, in funzione del materiale attraversato, della magnitudo e della distanza tra la sorgente e la galleria.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 61 di 288

Ratios of peak ground velocity to peak ground acceleration at surface in rock and soil (after Power et al., 1996)

Moment magnitude (M_w)	Ratio of peak ground velocity (cm/s) to peak ground acceleration (g)		
	Source-to-site distance (km)		
	0–20	20–50	50–100
<i>Rock^a</i>			
6.5	66	76	86
7.5	97	109	97
8.5	127	140	152
<i>Stiff soil^a</i>			
6.5	94	102	109
7.5	140	127	1155
8.5	180	188	193
<i>Soft soil^a</i>			
6.5	140	132	142
7.5	208	165	201
8.5	269	244	251

^aIn this table, the sediment types represent the following shear wave velocity ranges: rock ≥ 750 m/s; stiff soil is 200–750 m/s; and soft soil < 200 m/s. The relationship between peak ground velocity and peak ground acceleration is less certain in soft soils.

Per tenere in considerazione lo smorzamento delle onde sismiche con la profondità, in accordo con Hashish Y. et al. (2001), in assenza di un'analisi di propagazione delle onde sismiche, si è fatto riferimento alla Tabella 7-18 per valutare il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima al piano campagna.

Tabella 7-18: Coefficiente di smorzamento

Ratios of ground motion at depth to motion at ground surface (after Power et al., 1996)

Tunnel depth (m)	Ratio of ground motion at tunnel depth to motion at ground surface
≤ 6	1.0
6–15	0.9
15–30	0.8
> 30	0.7

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 62 di 288

Analisi sismiche pseudo-statiche in direzione trasversale

La valutazione degli effetti del sisma sulla galleria in direzione trasversale è condotta in termini di incremento delle sollecitazioni sui rivestimenti definitivi a partire dalla deformazione di taglio massima e dal relativo modulo di deformazione mobilitato.

L'incremento delle sollecitazioni sui rivestimenti è stato ottenuto implementando l'approccio pseudo-statico in un modello numerico mediante codice di calcolo PLAXIS V20.

Si procede inizialmente realizzando un modello piano privo di galleria e con modulo di taglio pari a quello derivante dall'analisi di risposta sismica locale. All'interno di tale modello, vincolato in direzione verticale al bordo superiore e in entrambe le direzioni al bordo inferiore, viene riprodotto uno stato di sforzo tangenziale pressoché uniforme nel volume interessato dallo scavo e di valore pari a quello stimato con l'analisi di risposta sismica locale. A tale scopo si applica in testa al modello una forza in direzione orizzontale o equivalentemente uno spostamento, facendone variare l'intensità fino a raggiungere, a quota cavo, lo stato di sforzo tangenziale desiderato. Una volta determinato il valore dell'azione, la stessa viene applicata in testa ad un modello analogo al precedente in cui è stata preliminarmente inserita la geometria della galleria, andando a determinare le corrispondenti sollecitazioni indotte sui rivestimenti.

Le analisi sismiche pseudo-statiche in direzione trasversale sono svolte sia in riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), valutando la compatibilità delle sollecitazioni con i domini di resistenza delle sezioni, sia rispetto allo stato limite di danno (SLD), garantendo per quest'ultimo un limite all'ampiezza delle fessure tale da non compromettere la durabilità dell'opera e imponendo limiti tensionali sia per l'acciaio che per il calcestruzzo.

Analisi sismiche pseudo-statiche in direzione longitudinale

La valutazione degli effetti del sisma sulla galleria in direzione longitudinale è condotta in termini deformativi ipotizzando che le deformazioni indotte sul rivestimento definitivo coincidano esattamente con quelle del terreno circostante, determinate in condizioni di free-field.

Pur trascurando l'interazione terreno-struttura, l'ipotesi che la galleria si adatti completamente al terreno fornisce valori di deformazioni sui rivestimenti che risultano comunque ragionevoli e, nella maggior parte dei casi, conservativi visto che la rigidità del rivestimento della galleria in direzione longitudinale risulta generalmente inferiore rispetto a quella dell'ammasso al contorno.

Le deformazioni indotte nel terreno in condizioni di free-field sono determinate mediante soluzioni analitiche in forma chiusa relative alla propagazione, secondo un angolo di incidenza rispetto all'asse della galleria, di un'onda sismica (armonica) piana in un mezzo elastico, isotropo ed omogeneo. Nell'ambito di tali soluzioni si fa riferimento alla sole onde di taglio, essendo queste ultime la causa delle maggiori deformazioni ed essendo il tipo di onda governante, e, in via cautelativa, all'angolo di incidenza critico, al quale corrisponde il valore massimo della deformazione.

Le formulazioni di letteratura prese a riferimento (Newmark, Kuesel e St. John e Zahrah) stimano la deformazione assiale ε^a e la deformazione flessionale in direzione longitudinale ε^b assimilando la galleria ad una trave elastica:

$$\varepsilon^a = \frac{V_s}{C_s} \sin\phi \cos\phi$$

$$\varepsilon^b = r \frac{a_s}{C_s^2} \cos^3 \phi$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 63 di 288

La deformazione totale in direzione longitudinale è data dalla somma della due componenti assiale e flessionale.

Cautelativamente, altri autori (Power et al. Rif. [58]) propongono di calcolare la deformazione totale in direzione longitudinale come somma della massima deformazione assiale e della massima deformazione flessionale:

$$\varepsilon^{ab} = \varepsilon_{\max}^a + \varepsilon_{\max}^b = \frac{V_s}{2C_s} + r \frac{a_s}{C_s^2}$$

La deformazione totale viene confrontata con la deformazione ultima ε_{cu} che è pari a 0.35% nelle verifiche allo SLV mentre allo SLD la tensione risultante ε^{ab} viene confrontata con la tensione limite σ_{lim} :

$$\sigma^{ab} = E \cdot \varepsilon^{ab}$$

$$\sigma_{lim} = 0.6 \cdot f_{ck}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 64 di 288

7.4.2 Analisi della stabilità del fronte

Le analisi di stabilità al fronte, per quanto riguarda la fase di terapia, sono ricondotte seguendo gli stessi metodi presentati al Capitolo 6, considerando un incremento della coesione efficace intercetta c' dato dagli interventi di precontenimento al fronte / al contorno. Questi ultimi sono stati valutati conformemente alla formulazione presentata al Paragrafo 7.4 e secondo le descrizioni delle sezioni tipo al Paragrafo 7.1. Le metodologie di analisi sono riassunte di seguito:

- Sezioni B2, B2*, C2 e C2p e Camerone ($C / D > 3$): analisi di stabilità del fronte con il metodo delle Linee Caratteristiche.

Aumento della coesione dell'ammasso

La Tabella 19 riporta i valori di coesione efficace, per ogni analisi di terapia, incrementati dagli interventi di precontenimento previsti in accordo al progetto definitivo. Per quanto concerne i dati sui materiali degli elementi in vetroresina, questi ultimi sono descritti al Paragrafo 7.3.

Tabella 19 : sezioni di analisi fasi di terapia

Analisi	Sezione	Copertura [m]	Formazione al fronte	Valore di c' iniziale [kPa]	Precontenimento: c' equivalente [kPa]
1	B2	35	STF2 - 4	70	124
2	B2	50	STF2 - 4	70	124
3	B2*	178	STF2 - 6	160	250
4	C2	185			290
5	C2p	180			360
6	Camerone di sosta e manovra	168,5	STF2 - 6	160	378

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 65 di 288

Analisi n.1 Sezione B2 – Progressiva 0+200 in F1 (discenderia; H = 35 m)

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC) in corrispondenza della progressiva 0+200 in F1. La terapia è condotta in accordo ai parametri geotecnici in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 124 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare			
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)			
Progetto: Curva caratteristica alla pk 200 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2			
Dati:			
Raggio della galleria	a (m)	= 5,55	
Copertura	H (m)	= 40,55	
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00	
Parametri di resistenza:			
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 29	
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 29	
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,124	
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,124	
Parametri di deformabilità:			
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 650,00	
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 650,00	
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35	
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_f - V_i)/V_i$)	V (-)	= 0,00	
Angolo di dilatazione	ψ (°)	= 0,00	
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)			
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0	
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1	
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 7	
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15	
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9048	
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,001571	
Stato di sforzo originario (isotropo)	$S = \gamma_t \cdot H$	= 0,89	
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,22	
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0,22	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,882	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,882	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0,5}$	= 0,42	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0,5}$	= 0,42	
Coefficiente di dilatazione	$K_\psi = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1	
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,329867	
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0	
Risultati:			
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0,5}$	= 0,211	u_{mn}^f (cm) = 0,399
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa) = ---		u_{riv} (cm) = ---
Convergenza massima			
lontano dal fronte			u_{max}^f (cm) = 1,901
vicino al fronte			u_{max}^f (cm) = 0,745
Limite per caso elastico lineare			
lontano dal fronte	p (MPa) = 0,351	u (cm) = 0,624	
vicino al fronte	p (MPa) = 0,271	u (cm) = 0,358	
Rapporto di plasticizzazione massimo			
lontano dal fronte		R_{max} (-) = 1,651	
vicino al fronte		R_{max}^f (-) = 1,235	

Tabella 20 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 66 di 288

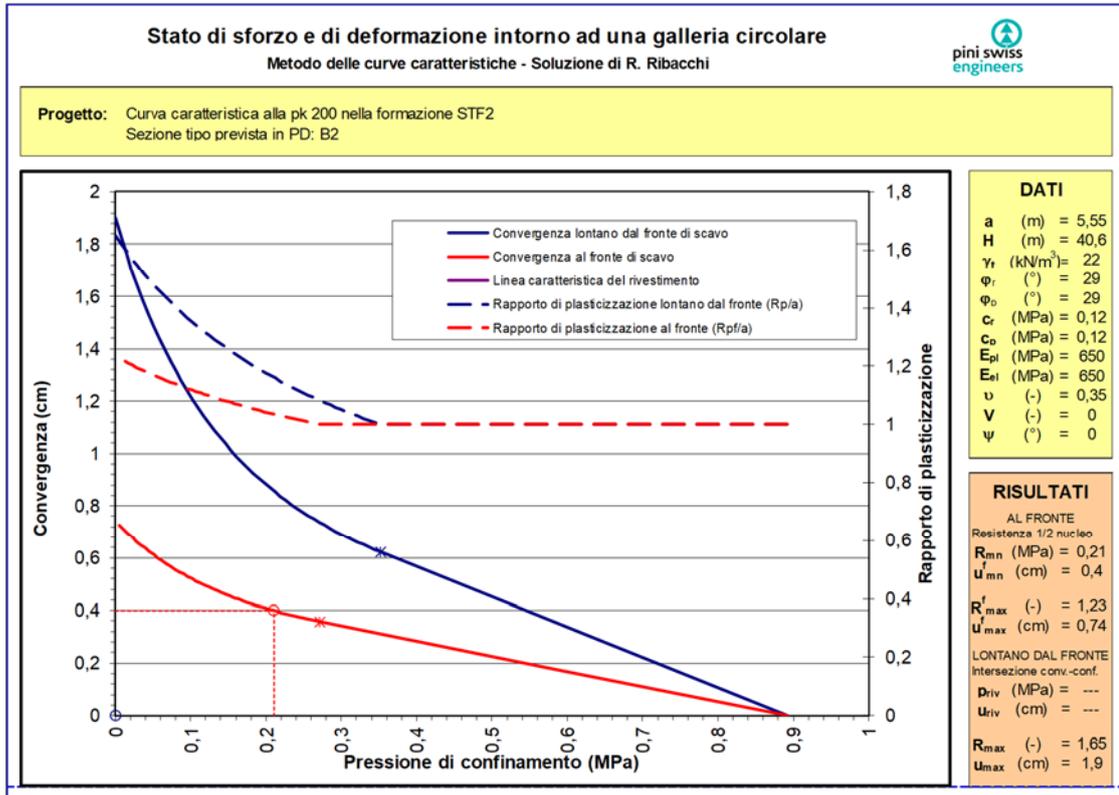


Figura 25 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 67 di 288

• **Analisi n.2 Sezione B2 – Progressiva 0+200 in F1 (discenderia; H = 50 m)**

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC) in corrispondenza della progressiva 0+250 in F1. La terapia è condotta in accordo ai parametri geotecnici in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 124 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 250 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,55
Copertura	H (m)	= 55,55
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 29
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 29
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,124
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,124
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pi} (MPa)	= 650,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{oi} (MPa)	= 650,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_r - V_i)/V_i$)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilataza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 7
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9048
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,001571
Stato di sforzo originario (isotropo)	$S = \gamma_t \cdot H$	= 1,22
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,22
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0,22
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,882
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,882
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0,5}$	= 0,42
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0,5}$	= 0,42
Coefficiente di dilataza	$K_w = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,329867
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0,5}$	= 0,211
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa) =	---
Convergenza massima		
lontano dal fronte	u_{max}^f (cm)	= 3,349
vicino al fronte	u_{max}^i (cm)	= 1,237
Limite per caso elastico lineare		
lontano dal fronte	p (MPa) =	0,521
vicino al fronte	p (MPa) =	0,418
u (cm) =		0,808
u (cm) =		0,464
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte	R_{max} (-)	= 1,895
vicino al fronte	R_{max}^i (-)	= 1,323

Tabella 21 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 68 di 288

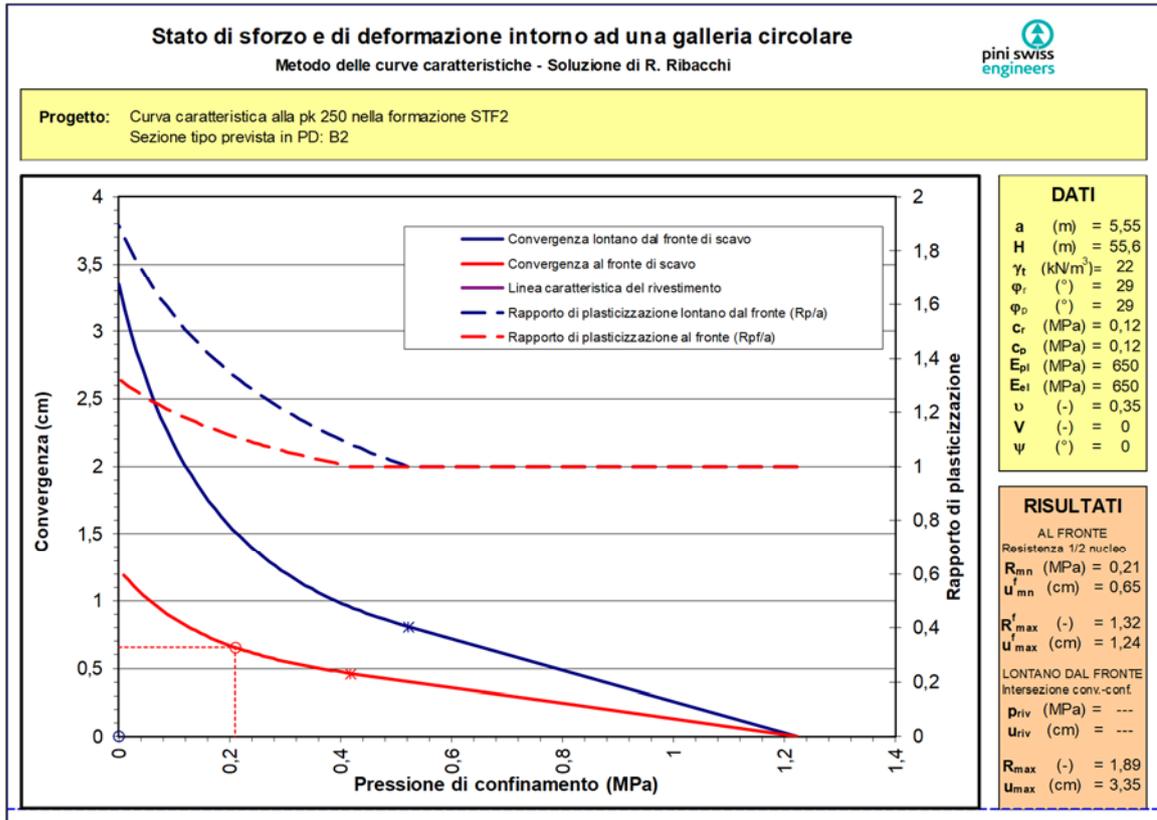


Figura 26 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 69 di 288

• **Analisi n.3 Sezione B2* – Progressiva 0+750 in F1 (discenderia; H = 178 m)**

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione B2* una copertura massima di 178 m in corrispondenza della progressiva 0+850 in F1. La terapia è condotta in accordo ai parametri geotecnici in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 250 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 850 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,53
Copertura	H (m)	= 183,53
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,25
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,25
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_t - V_i)/V_i$)	\mathbf{V} (-)	= 0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 7
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,0016
Stato di sforzo originario (isotropo) $S = \gamma_t \cdot H = 4,04$		
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,46
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0,46
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,77
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,77
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0.5}$	= 0,82
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 0,82
Coefficiente di dilatanza	$K_w = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,33
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r / 2) / (2\pi a^2)$	= 0,00
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	$R_{mn} \text{ (MPa)} = (\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0.5} = 0,41$	$u_{mn}^f \text{ (cm)} = 1,69$
Intersezione Convergenza - Rivestimento	$p_{riv} \text{ (MPa)} = \text{---}$	$u_{riv} \text{ (cm)} = \text{---}$
Convergenza massima vicino al fronte		$u_{max}^f \text{ (cm)} = 3,18$
Limite per caso elastico lineare vicino al fronte	$p \text{ (MPa)} = 1,60$	$u \text{ (cm)} = 0,72$
Rapporto di plasticizzazione massimo vicino al fronte		$R_{max}^f \text{ (-)} = 1,49$

Tabella 22 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2*

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 70 di 288

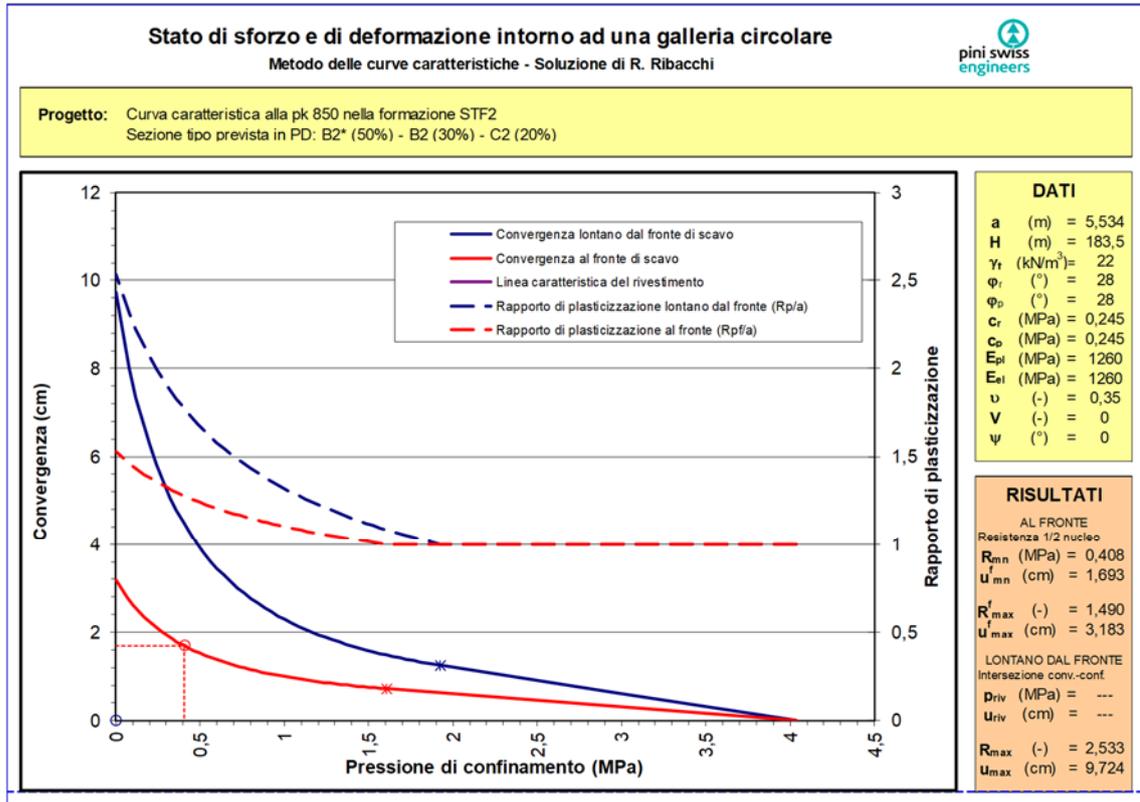


Figura 27 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione B2*

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 71 di 288

• **Analisi n.4 Sezione C2 – Progressiva 0+900 in F1 (discenderia; H = 185 m)**

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione C2 una copertura massima di 185 m in corrispondenza della progressiva 0+900 in F1. La terapia è condotta in accordo ai parametri geotecnici in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 290 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto:		
Curva caratteristica alla pk 900 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,34
Copertura	H (m)	= 190,34
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,29
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,29
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_i - V_f)/V_i$)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 8
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,00157
Stato di sforzo originario (isotropo)		
	$S = \gamma_t \cdot H$	= 4,19
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0,55
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0,55
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,77
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,77
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0.5}$	= 0,97
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 0,97
Coefficiente di dilatanza	$K_w = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,38
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0,00
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	$R_{mn} \text{ (MPa)} = (\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0.5} =$	0,48
Intersezione Convergenza - Rivestimento	$p_{riv} \text{ (MPa)} =$	---
Convergenza massima vicino al fronte	$u_{mn} \text{ (cm)} =$	1,52
	$u_{riv} \text{ (cm)} =$	---
Limite per caso elastico lineare vicino al fronte	$u_{max} \text{ (cm)} =$	2,88
Rapporto di plasticizzazione massimo vicino al fronte	$p \text{ (MPa)} =$	1,63
	$u \text{ (cm)} =$	0,73
	$R_{max} \text{ (-)} =$	1,48

Tabella 23 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione C2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 72 di 288

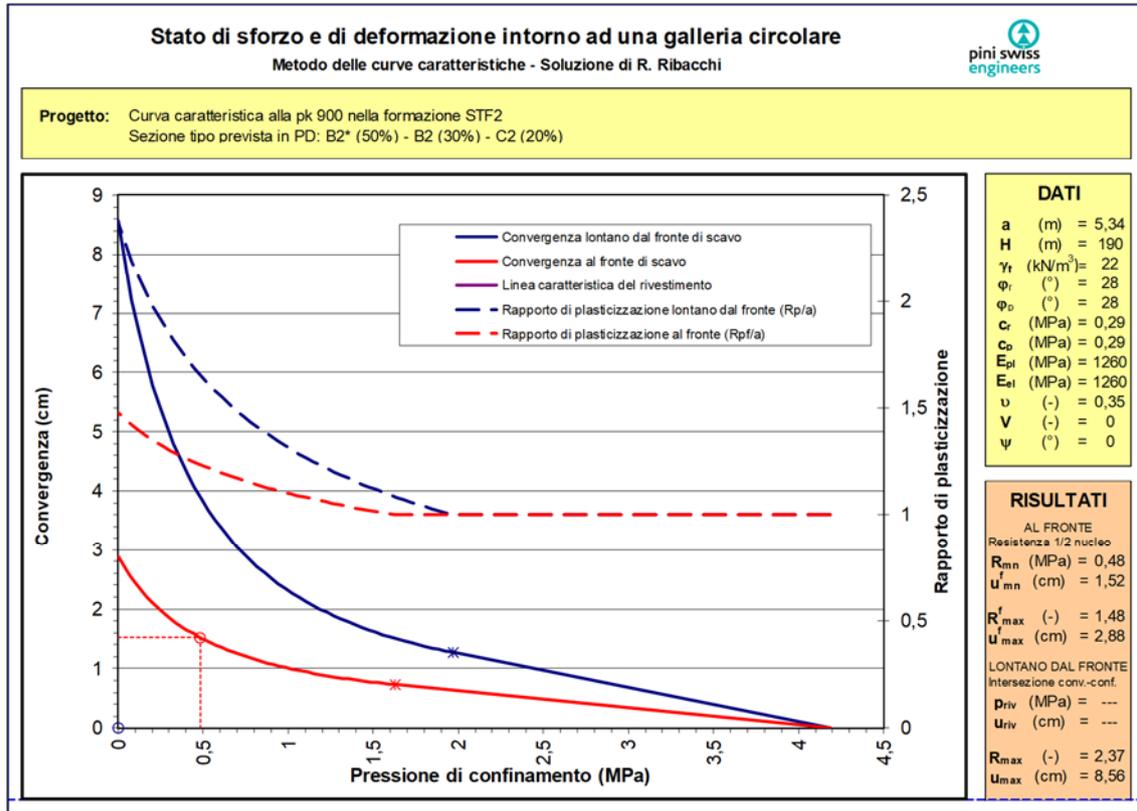


Figura 28 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione C2

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 73 di 288

• **Analisi n.5 Sezione C2p – Punto Antincendio Sotterraneo (H = 180 m)**

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione C2p una copertura massima di 180 m in corrispondenza della progressiva 56+770, all'estremità sud del PAS. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 360 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto:		
<ul style="list-style-type: none"> Curva caratteristica alla pk 56700 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: C2p (70%) - C2 (30%) 		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 5,55
Copertura	H (m)	= 185,55
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22,00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 28
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 28
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0,36
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0,36
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1260,00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1260,00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0,35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_f - V_i)/V_i$)	V (-)	= 0,00
Angolo di dilatanza	ψ (°)	= 0,00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0
Diametro di perforazione	D (m)	= 0,1
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 10
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0,15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761,9
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0,00157
Stato di sforzo originario (isotropo)	$S = \gamma_t \cdot H$	= 4,08
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = cr \cdot \cotan \phi_r$	= 0,68
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = cp \cdot \cotan \phi_p$	= 0,68
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2,77
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2,77
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0.5}$	= 1,20
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 1,20
Coefficiente di dilatanza	$K_\nu = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0,47
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi/2) / (2\pi a^2)$	= 0,00
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0.5}$	= 0,60
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa)	= ---
Convergenza massima		u_{riv}^f (cm) = ---
vicino al fronte		u_{max}^f (cm) = 2,45
Limite per caso elastico lineare		
vicino al fronte	p (MPa) = 1,51	u (cm) = 0,77
Rapporto di plasticizzazione massimo		
vicino al fronte		R_{max}^f (-) = 1,39

Tabella 24 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione C2p

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 74 di 288

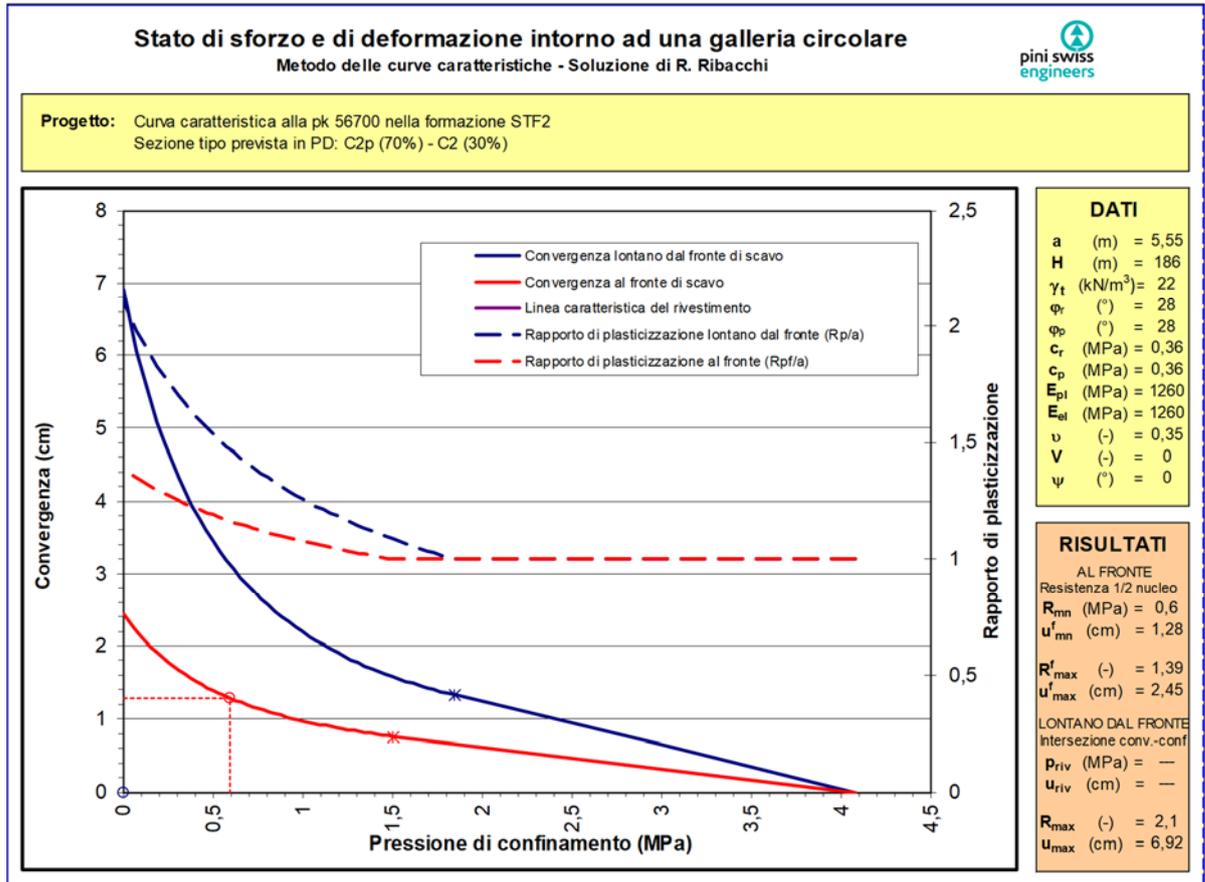


Figura 29 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione C2p

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 75 di 288

• **Analisi n.6 Sezione Camerone – (H = 168,5 m)**

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione del Camerone una copertura massima di 168,5 m in corrispondenza della progressiva 1 + 212,39. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione in Tabella 4, con una coesione efficace incrementata a 378 kPa (Tabella 19), e conformemente alla geometria di scavo prevista.

Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare		
Metodo delle curve caratteristiche (Soluzione di R. Ribacchi, 1977, 1986)		
Progetto: Curva caratteristica alla pk 1 + 212,39 nella formazione STF2 Sezione tipo prevista in PD: Camerone di sosta e manovra		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m) = 8,86	
Copertura	H (m) = 177,36	
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³) = 22,00	
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°) = 28	
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°) = 28	
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa) = 0,38	
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa) = 0,38	
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa) = 1260,00	
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa) = 1260,00	
Coefficiente di Poisson	ν (-) = 0,35	
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_f - V_i)/V_i$)	V (-) = 0,00	
Angolo di dilatanza	ψ (°) = 0,00	
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-) = 0	
Diametro di perforazione	D (m) = 0,1	
Lunghezza di ancoraggio	L (m) = 10	
Aderenza malta-terreno	τ (MPa) = 0,2	
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa) = 761,9048	
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²) = 0,001571	
Stato di sforzo originario (isotropo)		
Coesione apparente nella zona plastica	$S = \gamma_t \cdot H$ = 3,90	
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_r = cr \cdot \cotan \phi_r$ = 0,71	
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = cp \cdot \cotan \phi_p$ = 0,71	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$ = 2,770	
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$ = 2,770	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0,5}$ = 1,26	
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0,5}$ = 1,26	
Coefficiente di dilatanza	$K_v = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$ = 1	
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi \cdot D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$ = 0,628319	
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$ = 0,00	
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa) = $(\Delta c + c_r) \cdot N_r^{0,5}$ = 0,629	u_{mn}^f (cm) = 1,831
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa) = ---	u_{riv} (cm) = ---
Convergenza massima		
lontano dal fronte		u_{max}^f (cm) = 9,693
vicino al fronte		u_{max}^f (cm) = 3,491
Limite per caso elastico lineare		
lontano dal fronte	p (MPa) = 1,736	u (cm) = 2,056
vicino al fronte	p (MPa) = 1,405	u (cm) = 1,185
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte		R_{max} (-) = 2,011
vicino al fronte		R_{max}^f (-) = 1,361

Tabella 25 : dati di ingresso e risultati per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione Camerone

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 76 di 288

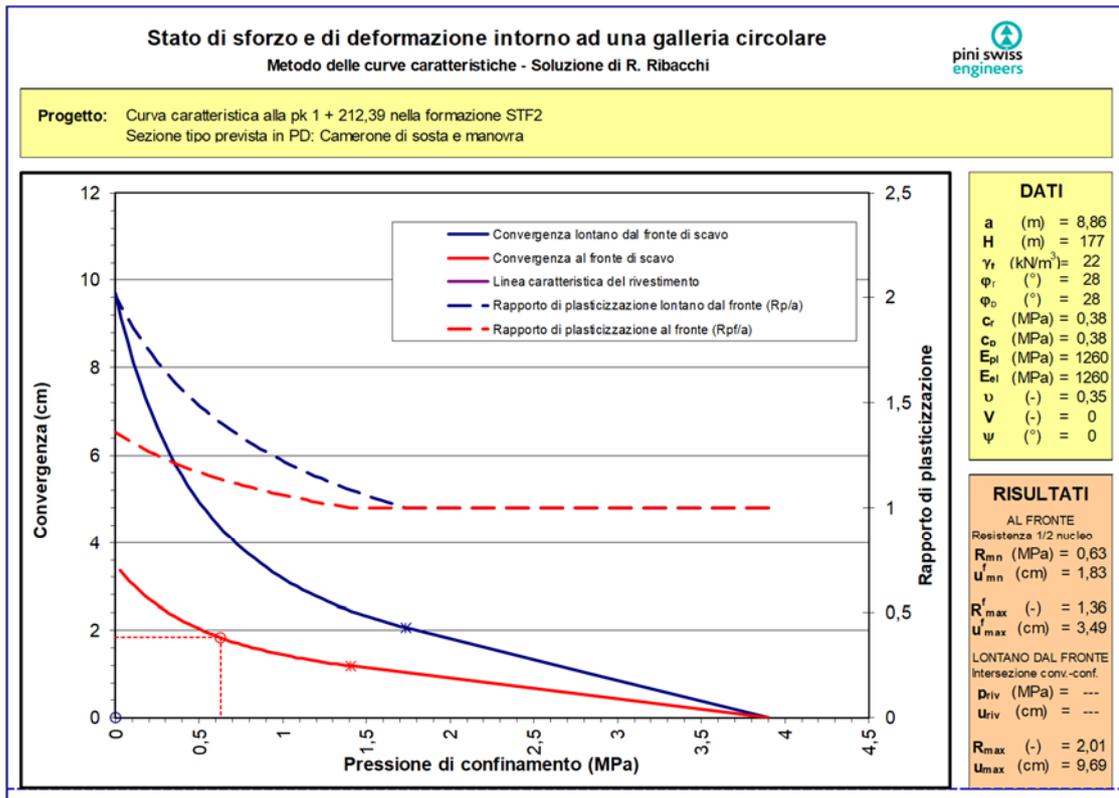


Figura 30 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la terapia di stabilità con il metodo LC – sezione Camerone

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 77 di 288

Sintesi delle analisi con il metodo delle linee caratteristiche

Il presente paragrafo riassume in via tabellare i risultati delle terapie con il metodo delle Linee Caratteristiche. Conformemente alla classificazione di comportamento dello scavo (Par. 6.2), la categoria con metodo ADECO-RS in presenza di interventi di precontenimento, a cavo libero, è di tipo A – B, stabile, eventualmente a breve termine.

Tabella 26 : dati di ingresso delle sezioni tramite il metodo LC – fase di terapia

DATI DELLE SEZIONI ANALIZZATE									
progressiva [m]	profondità [m]	formazione	Sezioni tipo	Peso di volume [kN/m ³]	angolo d'attrito [°]	coesione con precontenimento [MPa]	ν [-]	Modulo di deformabilità [MPa]	Raggio di scavo (m)
+200,00	40,6	STF2	B2	22	29	0,12	0,35	650,00	5,55
+250,00	55,6	STF2	B2	22	29	0,12	0,35	650,00	5,55
+850,00	183,5	STF2	B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)	22	28	0,25	0,35	1260,0	5,53
+900,00	190,3	STF2	B2* (50%) - B2 (30%) - C2 (20%)	22	28	0,29	0,35	1260,0	5,3
56+700,00	185,6	STF2	C2p (70%) - C2 (30%)	22	28	0,36	0,35	1260,0	5,55
1 + 212,39	177,4	STF2	Camerone di sosta e manovra	22	28	0,38	0,35	1260,00	8,86

Tabella 27 : Risultati della diagnosi delle sezioni (C / D > 3) – ADECO-RS applicato al metodo delle LC

RISULTATI AL FRONTE DI SCAVO - TERAPIA							
R_{mn} (MPa)	u_{mn}^f (cm)	ε_{mn}^f (%)	R_{max}^f (-)	ΔF_{max}^f (m)	Categoria di comportamento metodo ADECORS	u_{cavo}/Req	Rpl/Req
0,21	0,40	0,07	1,23	1,30	A - B	A	B
0,21	0,65	0,12	1,32	1,79	A - B	A	B
0,41	1,69	0,31	1,49	2,71	B - B	B	B
0,48	1,52	0,29	1,48	2,55	B - B	B	B
0,60	1,28	0,23	1,39	2,18	B - B	B	B
0,63	1,83	0,21	1,36	3,20	B - B	B	B

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 78 di 288

Sintesi dei risultati di terapia

A seguito dei risultati di terapia, è possibile concludere che per tutte le sezioni analizzate, alle coperture massime definite all'interno dell'unità delle Peliti di Difesa Grande (STF2), gli interventi volti al precontenimento del fronte e del cavo libero previsti dal progetto definitivo permettono una stabilizzazione, perlomeno a breve termine, del fronte di scavo, secondo le classi A e B del metodo ADECO-RS.

Questo risultato assicura la fattibilità dello sfondo d'avanzamento previsto, prima dell'installazione del rivestimento provvisorio.

Tabella 28 : riepilogo risultati di terapia per la stabilità al fronte del cavo

SEZIONI	COPERTURA [m]	METODO DI CALCOLO	CLASSE DI COMPORTAMENTO
Analisi n.1 – Sezione B2 in F1 (Pk 0+200)	35	Linee caratteristiche	A - B
Analisi n.2 – Sezione B2 in F1 (Pk 0+250)	50		
Analisi n.3 – Sezione B2* in F1 (Pk 0+850)	178		B
Analisi n.4 – Sezione C2 in F1 (Pk 0+900)	185		
Analisi n.5 – Sezione C2p al P.A.S (Pk 56+770)	180		
Analisi n.6 – Sezione Camerone (Pk 1 + 212,39)	168,5		

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 79 di 288

7.4.3 Interazione terreno – struttura

7.4.3.1 Criterio di rottura e comportamento del terreno durante lo scavo della galleria

Il legame costitutivo scelto per il terreno è di tipo elasto-lineare perfettamente plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

La galleria di sfollamento / finestra F1 è interessata su tutto il suo sviluppo dalle Peliti di Difesa Grande della Formazione di Sferracavallo (STF2). Dal punto di vista geotecnico la Formazione di Sferracavallo (depositi marini di piattaforma, transizione e spiaggia emersa) è costituita da argille limose e argille marnose con frequenti intercalazioni di sabbie limose. Più precisamente, le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati mostrano la prevalenza della componente limosa (64%) e, in maniera secondaria, di argilla (34%). Il terreno è classificabile come limo con argilla (AGI, 1977).

Le prove di permeabilità hanno mostrato valori del coefficiente di permeabilità k variabile tra 10^{-8} e $5 \cdot 10^{-7}$ m/s come mostrato nella seguente Figura 31.

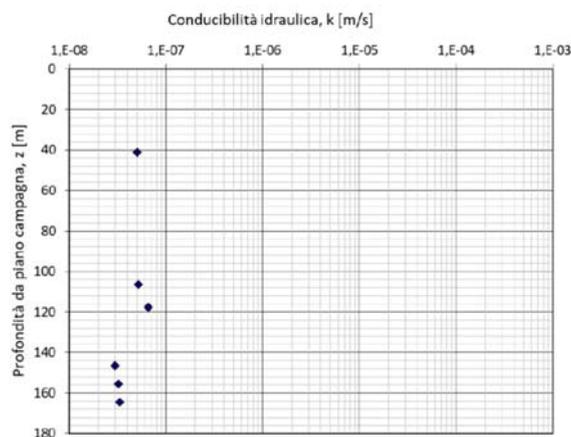
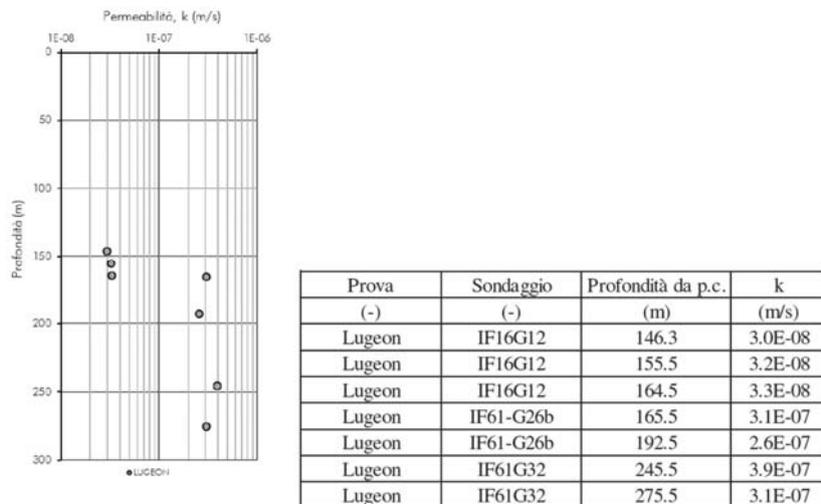


Figura 31 : Coefficiente di permeabilità k da prove Lugeon.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 80 di 288

Conseguentemente, sulla base della prevalenza di terreni a grana fine e di valori del coefficiente di permeabilità compresi fra 10^{-7} e 10^{-8} m/s, durante le fasi relative alla costruzione della galleria, il comportamento del terreno può essere considerato in condizioni non drenate (Anagnostou & Kovari, 1996).

Infatti, se l'acqua di falda non può fluire significativamente durante la durata della costruzione, le variazioni della pressione dell'acqua interstiziale risultano praticamente nulle e si può parlare di uno stato non drenato.

Poiché durante lo scavo della galleria il terreno nell'intorno della galleria è sottoposto ad una diminuzione delle tensioni in direzione radiale e ad un incremento delle tensioni in direzione circonferenziale si ha, conseguentemente, una variazione sia temporanea sia permanente degli sforzi totali. Se la pressione dell'acqua interstiziale non ha tempo di dissipare, la variazione degli sforzi totali sarà prevalentemente sostenuta dall'acqua in quanto sebbene l'acqua possa sostenere valori molto piccoli di taglio, essa è relativamente incompressibile, in confronto alle particelle del terreno e, conseguentemente, in grado di resistere alle variazioni di volume.

Tra le diverse opzioni che il programma agli elementi finiti utilizzato per le analisi numeriche, Plaxis, consente è stata adottata l'opzione per la quale l'acqua nei pori è stata modellata assumendo per il modulo di deformazione volumica del fluido nei pori (acqua), K_r , un valore ritenuto in letteratura realistico, pari a 2 GPa, non consentendo alcuna analisi di filtrazione; mediante questo approccio è possibile l'impiego esplicito dei parametri geotecnici, sia per la resistenza al taglio sia per la deformabilità, in termini di tensioni efficaci.

In modo particolare per quanto concerne la deformabilità dei terreni si è fatto ricorso alle seguenti espressioni:

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

dove:

K = modulo di deformazione volumica;

G = modulo di elasticità tangenziale;

E = modulo di elasticità normale o modulo di Young;

ν = rapporto di Poisson.

Infine, per quanto concerne il rivestimento definitivo della galleria, viene analizzata la fase di lungo termine in condizioni drenate, in corrispondenza della quale le pressioni dell'acqua interstiziale hanno raggiunto l'equilibrio idrostatico o uno stato di flusso costante (steady - state). In tale maniera l'eccesso della pressione dell'acqua interstiziale si dissipa ed è possibile calcolare le tensioni, le deformazioni e gli spostamenti nel lungo termine.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 81 di 288

7.4.3.2 Metodo adottato per la simulazione dell'avanzamento del fronte di scavo

L'effetto tridimensionale della presenza del fronte di scavo è stato simulato attraverso l'applicazione di rilasci tensionali al contorno del cavo, in base a quanto suggerito dall'AFTES (cfr. Recommendation for use of convergence confinement method).

Essendo necessario, infatti, esaminare lo stato tensionale – deformativo nella zona immediatamente retrostante il fronte di scavo, nel terreno e nelle strutture, non si può prescindere dalle condizioni di contorno dovute alla presenza di quest'ultimo.

Lo stato di sforzo e di deformazione nella zona del fronte di scavo è diverso nelle tre direzioni (Figura 32). Tuttavia il fenomeno deformativo e tensionale può essere simulato mediante una modellazione bidimensionale dell'avanzamento della galleria. L'analisi piana considera una sezione nella quale vengono introdotti i vari interventi di sostegno secondo le fasi esecutive previste. Per simulare l'azione positiva del fronte di scavo viene applicata una pressione fittizia all'interno del cavo che viene fatta diminuire con il procedere dell'analisi secondo le modalità definite dalla curva di deconfinamento.

Più precisamente quello che consente di mettere in relazione il fenomeno tipicamente tridimensionale dello scavo di una galleria con le analisi piane trasversali è la "curva di scarico", $1-\lambda(x)$, dove $\lambda(x)$, definito tasso di rilascio tensionale, rappresenta il rapporto tra la convergenza del cavo a distanza x dal fronte, u_n , e la convergenza a distanza infinita u_{max} (Figura 33).

Grazie al "Principio di Similitudine" (Panet, 1974), si può verificare che:

$$\sigma_n(x) = (1 - \lambda) \sigma_0$$

con:

$\sigma_n(x)$ = tensione fittizia che bisognerebbe esercitare sul contorno del cavo in condizioni piane (2D) a distanza x dal fronte per ottenere la stessa convergenza che si avrebbe in condizioni tridimensionali (3D)

σ_0 = valore della tensione iniziale presente in sito

λ = tasso di rilascio tensionale, compreso fra 0 e 1, che simula il rilascio tensionale del terreno prima dell'installazione del prerivestimento e rivestimento definitivo della galleria.

Applicando pertanto la tensione fittizia $\sigma_n(x)$ al cavo, è possibile simulare, con analisi piane trasversali, il "reale" comportamento della sezione, posta a distanza " x " dal fronte, tenendo in conto l'effetto 3D esercitato dal fronte e dalla tecnica di scavo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 82 di 288

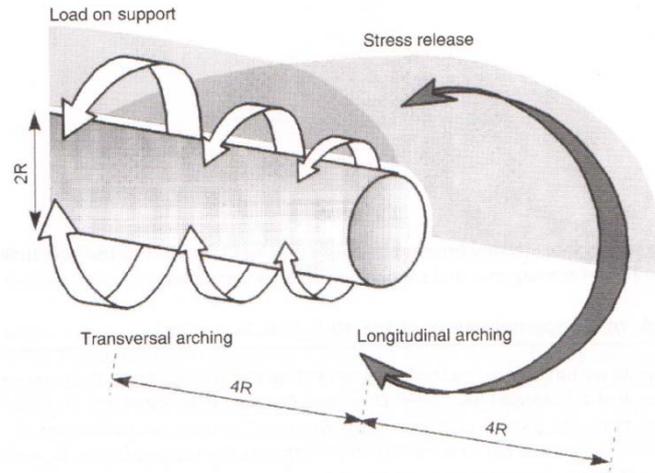


Figura 32 : Schema illustrativo della variazione dello stato tensionale al contorno del cavo, tipicamente tridimensionale in corrispondenza del fronte di scavo.

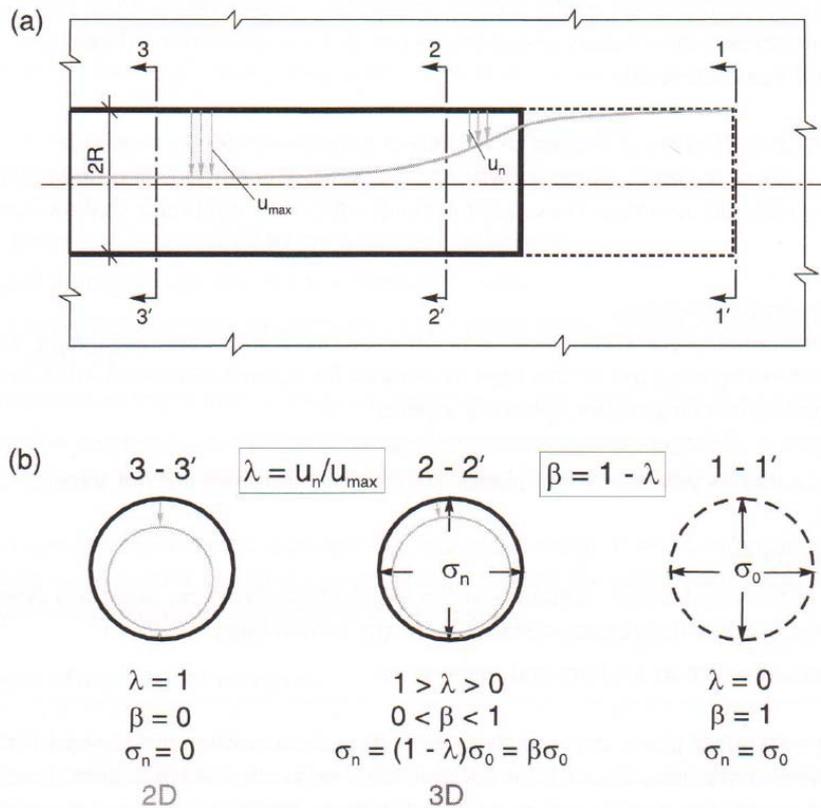


Figura 33 : (a) Andamento della convergenza di una galleria in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo, (b) significato del valore di λ per un approccio bidimensionale (analisi 2D).

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 83 di 288

Le valutazioni dei tassi di deconfinamento nei vari casi sono state effettuate per mezzo dell'utilizzo combinato delle linee caratteristiche e dei profili di spostamento longitudinali. I profili di spostamento sono stati calcolati secondo l'approccio di Panet con la relazione (Figura 34):

$$\frac{C_r(x)}{C_r(\infty)} = \frac{u_r(x) - u_r(0)}{u_r(\infty) - u_r(0)} = 1 - \left(\frac{1}{1 + \frac{x}{0.84 R_{pl}}} \right)^2$$

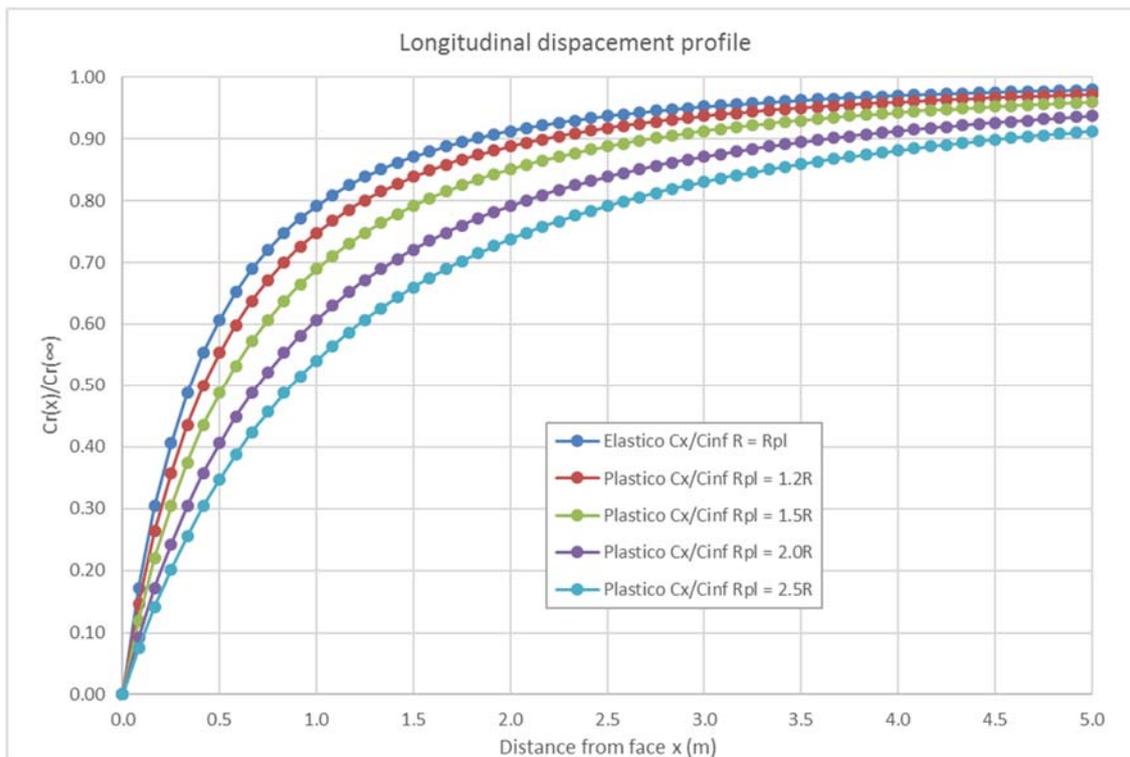


Figura 34 : Profilo di spostamento longitudinale normalizzato secondo l'approccio di Panet.

Nei casi in cui le linee caratteristiche non siano applicabili, i tassi di rilassamento sono stati tarati considerando le curve di detensionamento proposte da Panet (1982) e riportati in Figura 35 e Figura 36.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 84 di 288

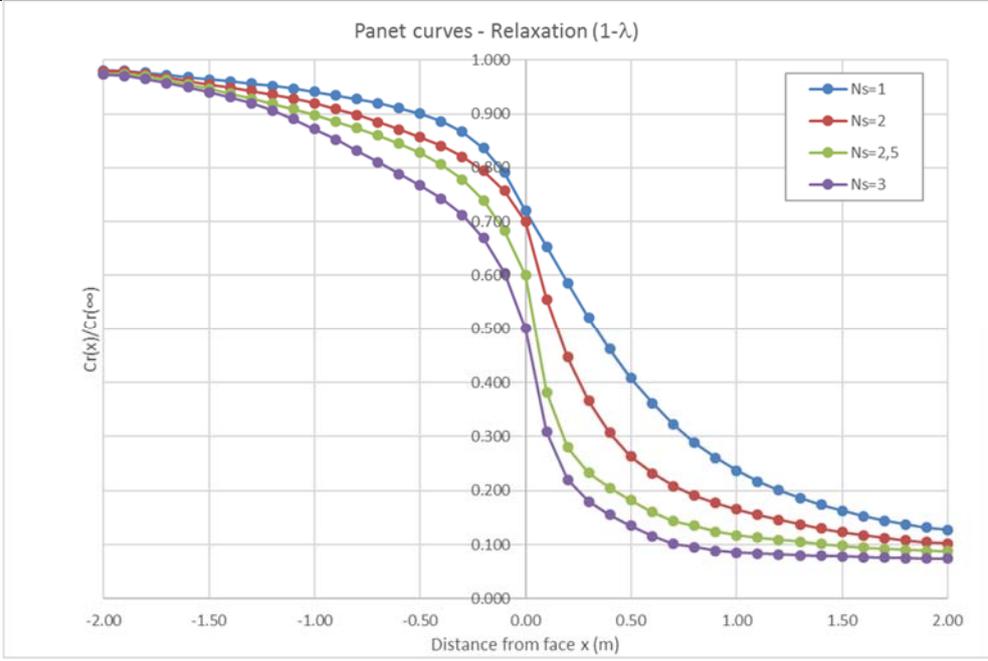


Figura 35 : Curve di rilassamento normalizzate in funzione del numero di stabilità secondo l'approccio di Panet.

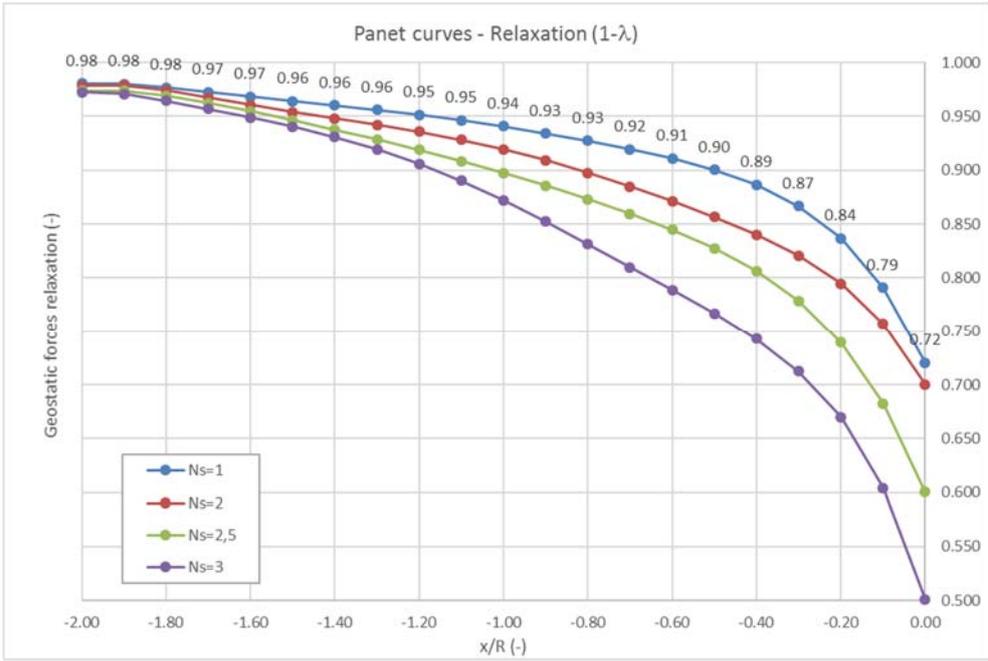


Figura 36 : Curve di rilassamento normalizzate in funzione del numero di stabilità secondo l'approccio di Panet (ingrandimento della precedente Figura).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 85 di 288

7.4.4 Analisi 3D per la validazione della distanza dei getti del rivestimento definitivo

Nel presente paragrafo è riportata un'apposita analisi 3D con la finalità di argomentare come in sede di Progetto Esecutivo per le sezioni tipo più pesanti, C2 e C2p, negli elaborati grafici relativi agli scavi e ai consolidamenti sono state introdotte delle prescrizioni meno restrittive per le distanze dal fronte dei getti delle murette e arco rovescio e del rivestimento definitivo di calotta.

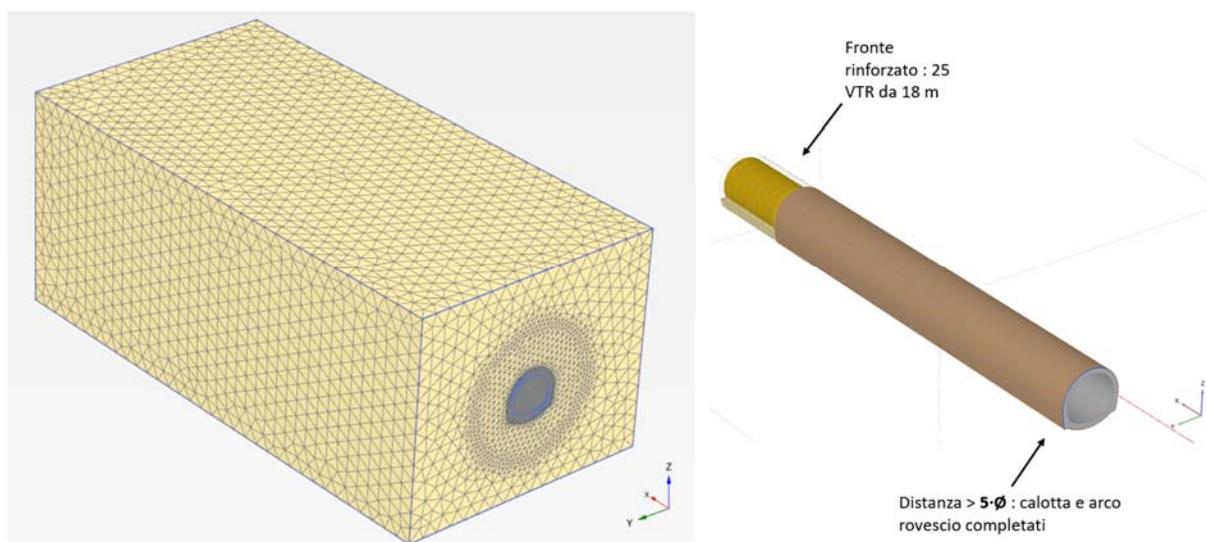
Più precisamente il Progetto Definitivo indicava, per le sezioni tipo C2 e C2p, una distanza massima pari a 1 diametro e a 3 diametri, rispettivamente, per il getto delle murette e arco rovescio e per il getto di calotta. Il Progetto Esecutivo li ha modificati portandoli, rispettivamente, a 3 diametri per le murette e l'arco rovescio e a 5 diametri per la calotta.

Tuttavia, occorre in ogni caso evidenziare, come peraltro già riportato negli elaborati grafici del Progetto Definitivo e nel documento di Progetto Esecutivo sulle linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo di scavo e avanzamento, che le distanze indicate potranno essere ridefinite in funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera mediante il monitoraggio previsto, con particolare riferimento alle stazioni di convergenza.

Con le finalità sopra indicate, di seguito si riportano le assunzioni e i dati di input relativi a tale modellazione 3D e i relativi risultati, più significativi, ottenuti.

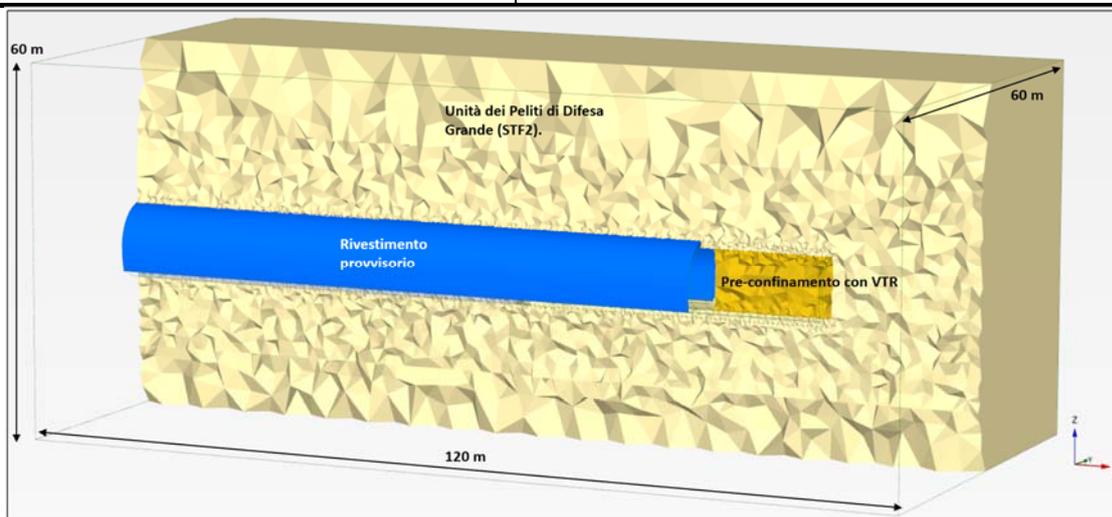
Mediante tale analisi 3D è stato possibile simulare le diverse fasi esecutive, ovverosia, il consolidamento del fronte di scavo, l'installazione del rivestimento di prima fase e del rivestimento definitivo.

Il modello tridimensionale in oggetto è stato implementato con il codice FEM PLAXIS 3D e ha dimensioni in pianta pari a 120 m in direzione x (longitudinale), 60 m in direzione y (trasversale) ed altezza pari a 60 m (Figura 37). Poiché è stata analizzata la tratta della finestra F1 caratterizzata dalle massime coperture, pari a circa 185 m, il reticolo di elementi finiti non include nella sua interezza la reale copertura dell'opera e conseguentemente è stato imposto uno sforzo iniziale geostatico che considera la reale copertura della tratta analizzata, come più avanti illustrato.



(a)

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 86 di 288



(b)

Figura 37 : (a) Reticolo di elementi finiti e (b) modello di input adottato per l'analisi 3D dello scavo della sezione tipo C2p della finestra F1.

7.4.4.1 Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità. Al fine di semplificare il modello, l'estensione altimetrica non include l'intera copertura di 185 m – al contrario, lo stato di sforzo geostatico iniziale è stato imposto in modo tale da considerare l'effettiva copertura dell'opera. Per via dell'estensione geometrica ridotta in termini altimetrici, l'unità geotecnica dei Peliti di Difesa Grande corrisponde a quella riscontrabile alle coperture maggiori (indicativamente $z > 200$ m), corrispondente alla STF2 – 6.

La Tabella 29 riassume i dati di input che caratterizzano la parametrizzazione geotecnica per l'unità STF2 -6.

Tabella 29 : parametri geotecnici di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 6	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	> 200	22,0	160,0	28,0	2,0	0,7	1260,0	0,35

Per quanto concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1 m dal p.c.

Come sopra illustrato, la geometria del modello non include nella sua interezza la reale copertura dell'opera. Per questa ragione – e come da prassi per i modelli geotecnici ad alte coperture – è stato imposto uno sforzo iniziale geostatico che considera la reale copertura – in tal caso, valutata rispetto all'asse longitudinale della galleria, per un'altezza corrispondente di 200 m. Lo stato di sforzo geostatico in tutto il dominio tridimensionale è quindi imposto secondo le seguenti equazioni :

- $\sigma_v = \sigma_z = \gamma \cdot Z_{ASSE}$
- $\sigma_H = \sigma_x = \sigma_y = k_0 \cdot \gamma \cdot Z_{ASSE}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 87 di 288

7.4.4.2 Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da un volume di elementi tetraedrali a 10 punti di Gauss, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Per ogni superficie laterale, il modello è vincolato in modo da impedire ogni spostamento normale alla superficie esterna in oggetto. Le distanze di queste superfici dalla zona di interesse per le analisi del comportamento deformativo sono sufficienti (almeno $\approx 3 \cdot D$) al fine di assicurare che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

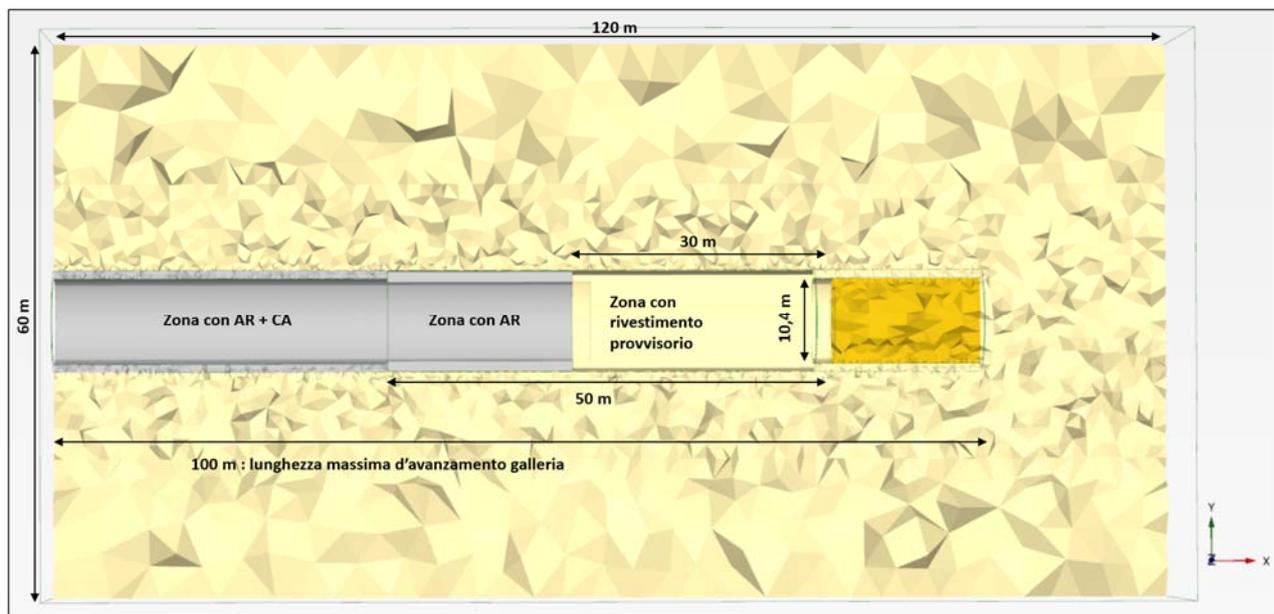


Figura 38 : modello di calcolo tridimensionale - geometria e mesh (vista in pianta)

L'implementazione numerica della sezione C2 è presentata nella figura di seguito; in particolare, si sottolinea la scelta di una modellazione con elementi bidimensionali del rivestimento provvisorio mentre, per il rivestimento definitivo sono stati adottati gli stessi elementi volumetrici a tetraedro che simulano la formazione geologica.

Per entrambi i rivestimenti, il comportamento costitutivo è di tipo elastico lineare. Per quanto riguarda il rivestimento di prima fase, la rigidità degli elementi bidimensionali è stata valutata per procedura di omogeneizzazione (Oreste, 1999) considerandolo, come costituito da cerniere HEB180 posizionate a 1 m di distanza e spritz-betòn di spessore pari a 25 cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 88 di 288

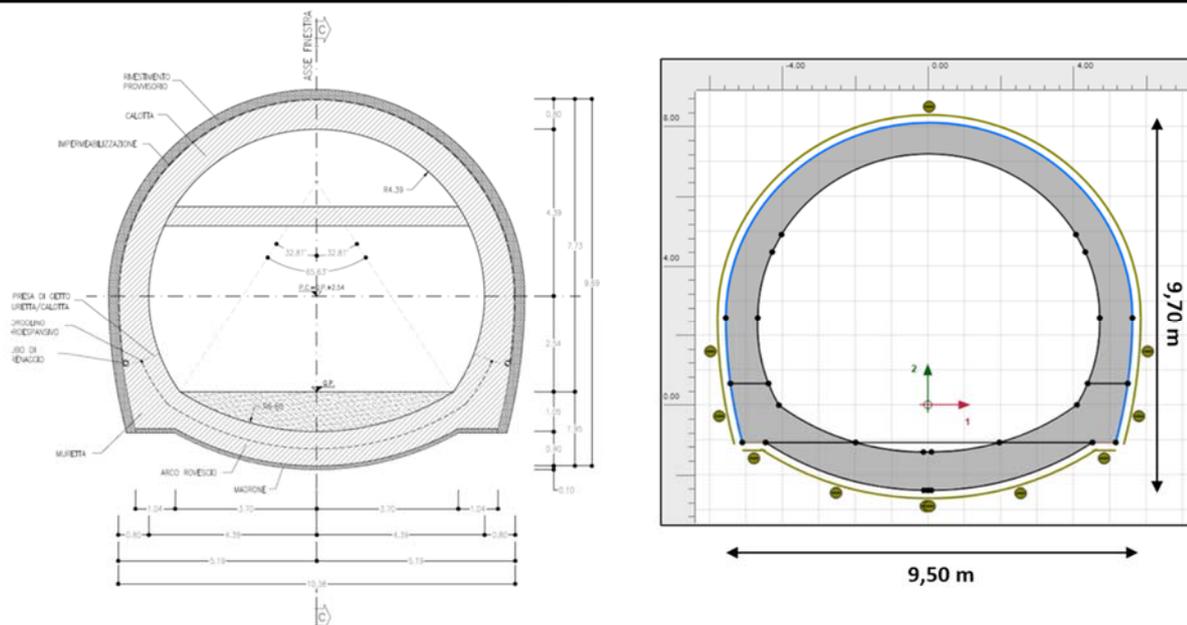


Figura 39 : implementazione numerica della sezione C2

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 30 : caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,25
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e i piedritti è stato considerato uno spessore pari a 0,8 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,2 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta uno spessore di 0,9 m.

7.4.4.3 Fasi di calcolo

Il calcolo è stato effettuato secondo le macro-fasi descritte di seguito :

- Fase 0: Geostatico: il modello viene inizializzato assegnando il valore delle tensioni litostatiche indicate al paragrafo precedente

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 89 di 288

- Fase 1 : realizzazione di una prima parte di galleria, completa di rivestimento definitivo, corrispondente a 20 m (2 campi di avanzamento) al fine di iniziare l'effettivo fasaggio di realizzazione a una distanza sufficientemente lontana dal contorno per evitare ogni effetto di bordo.
- Fase 2: Consolidamento del fronte dei primi 20 metri già realizzati : alle zone del modello corrispondenti al terreno consolidato mediante VTR – per una lunghezza massima di 18 m – vengono assegnati dei parametri di resistenza incrementati rispetto ai parametri del terreno naturale (consolidamento pari ad un valore della coesione di 230 kPa). Il modello viene portato all'equilibrio e vengono annullati gli spostamenti di questa fase in quanto non significativi per lo scopo dell'analisi.
- Fase 3: Esecuzione del primo sfondo di avanzamento dello scavo; vengono rimosse le zone del modello corrispondenti al fronte nella direzione dello scavo per la profondità di 1 m. In contemporanea viene eseguito il rivestimento di prima fase ad una distanza massima dal fronte di scavo pari a 1 m e, rispettando le ottimizzazioni previste rispetto al progetto definitivo, viene fatto avanzare il rivestimento definitivo nel rispetto delle distanze, rispettivamente, di 5·D per la calotta e di 3·D per l'arco rovescio. La seguente Figura 40, riporta un estratto del modello tridimensionale, ove gli elementi del rivestimento di prima fase non sono mostrati, al fine di mostrare la configurazione di avanzamento prevista dall'ottimizzazione del posizionamento degli elementi di calotta e arco rovescio.

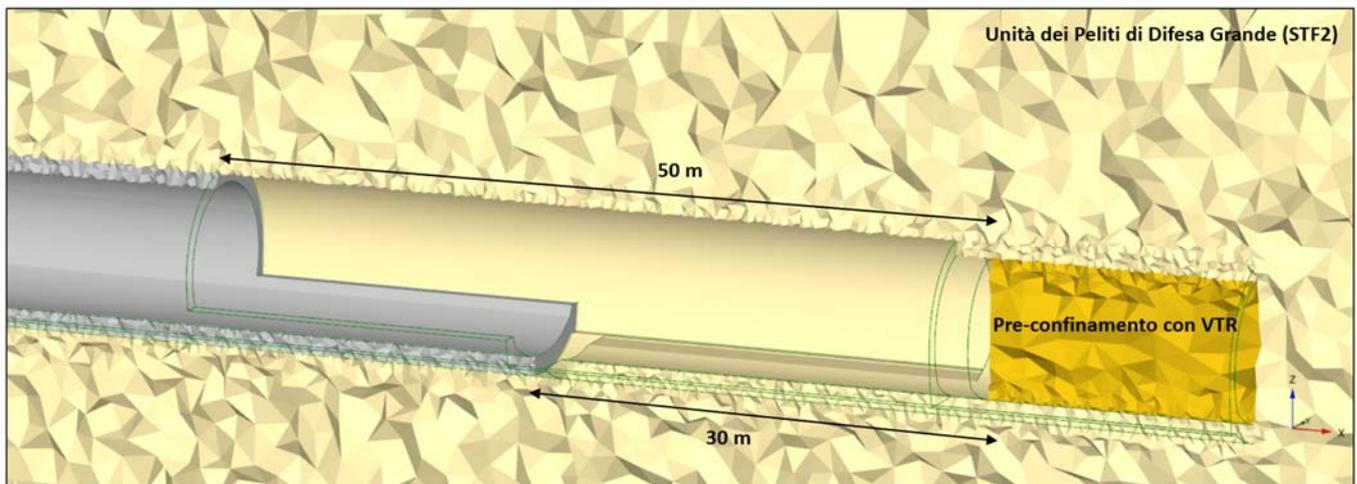


Figura 40 : modello tridimensionale – dettaglio della configurazione d'avanzamento fronte / arco rovescio / calotta.

- Fase 4: Avanzamento: per sotto-fasi step di calcolo successive in cui vengono ripetute le fasi di scavo 1 e 2 fino al completamento dello scavo dell'intero modello (per una lunghezza complessiva di 80 m). Ogni qualvolta un campo di VTR di lunghezza pari a 10 m viene scavato, si procede con l'attivazione del successivo precontenimento, rispettando la lunghezza minima di sovrapposizione di 8 m (Figura 41).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 90 di 288

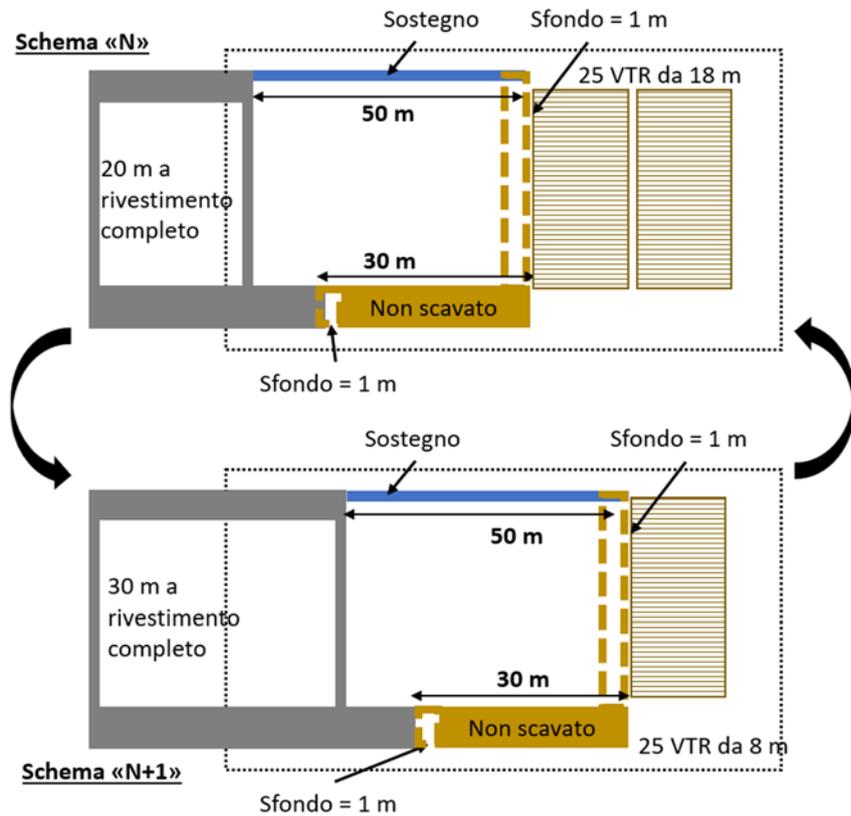


Figura 41 : configurazione iniziale (schema “N”) e dopo 10 m di scavo (schema “N+1”) per l’analisi tridimensionale.

7.4.4.4 Evoluzione delle convergenze

Questo paragrafo presenta i risultati in termini di convergenze ottenute in galleria in funzione delle diverse fasi d’avanzamento del modello, avendo simulato uno scavo di avanzamento relativo a 4 campi ciascuno della lunghezza di 10 m, per un totale di 40 m, caratterizzati dall’esecuzione dell’intervento di precontenimento con tubi in VTR della lunghezza di 18 m con, conseguentemente, a fine campo, una sovrapposizione di 8 m.

A questo riguardo sono stati estratti i massimi spostamenti vettoriali in corrispondenza di cinque punti dove si trovano generalmente le mire ottiche delle stazioni di convergenza installate in galleria per il monitoraggio degli spostamenti subiti dai profilo di scavo della galleria; con riferimento alla Figura 42 si tratta delle mire ottiche posizionate in calotta, sulle reni e sui piedritti.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 91 di 288

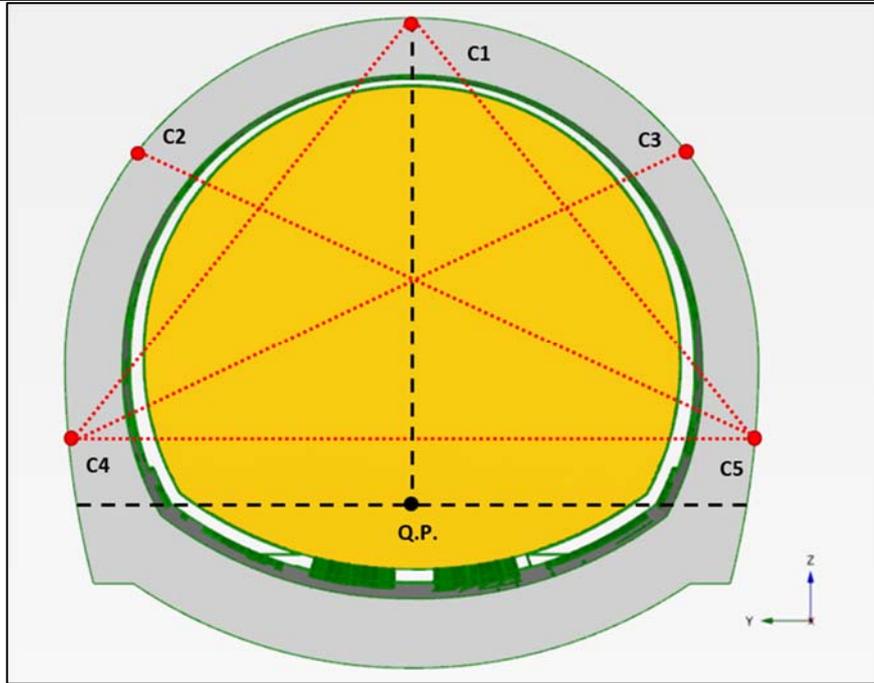


Figura 42 : punti considerati per l'estrazione dei valori di convergenza

Nelle seguenti Figure sono riportati i valori degli spostamenti vettoriali ottenuti dal modello in corrispondenza dei punti C1, C2, C3, C4 e C5; tali valori estratti dal programma utilizzato PLAXUS 3D sono i valori cumulativi finali ottenuti lungo gli 80 m di avanzamento simulato.

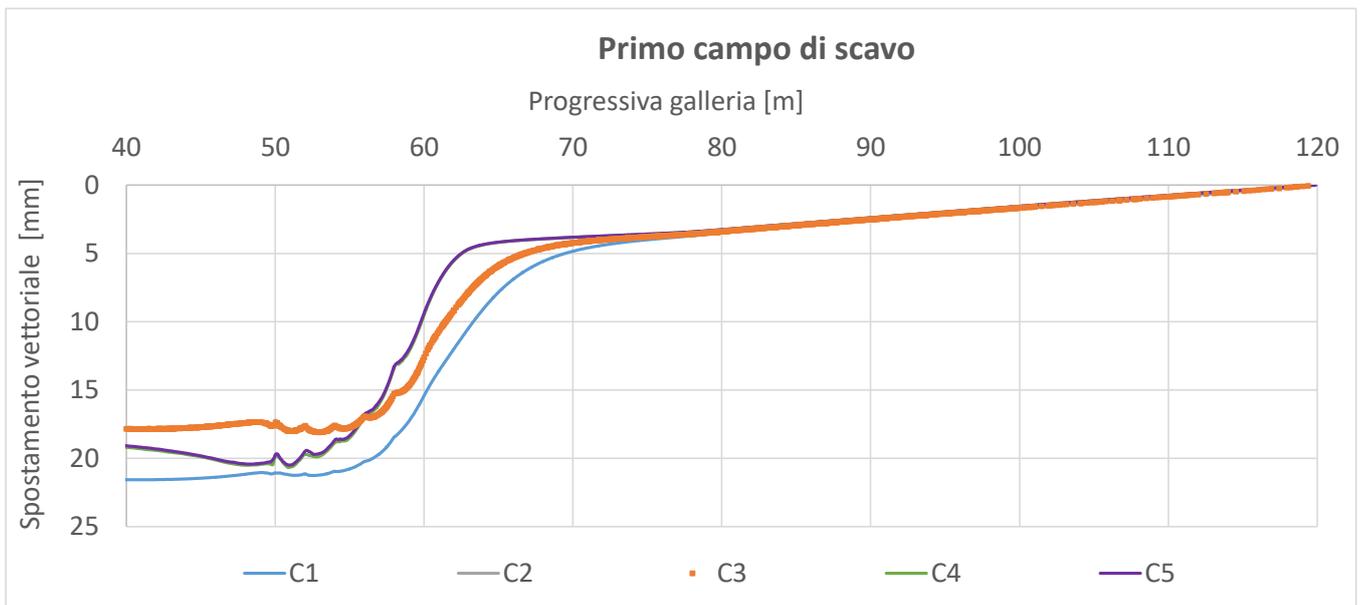


Figura 43 : Valori degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del profilo di scavo durante lo scavo del primo campo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 92 di 288

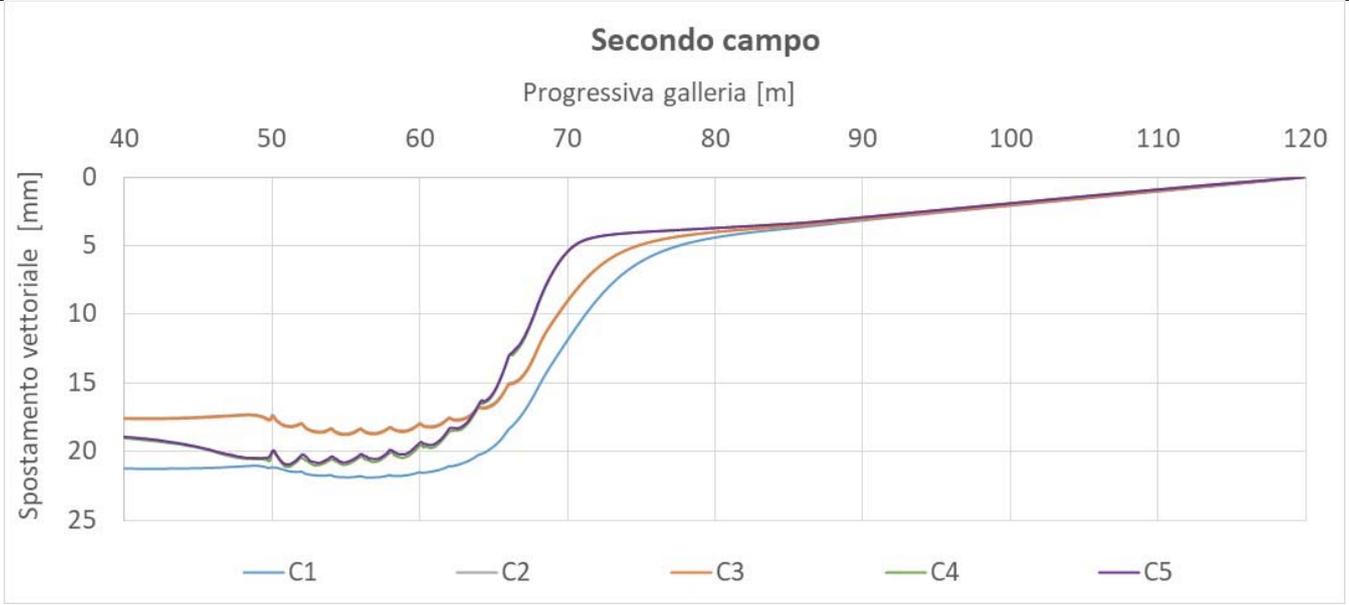


Figura 44 : Valori degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del profilo di scavo durante lo scavo del secondo campo.

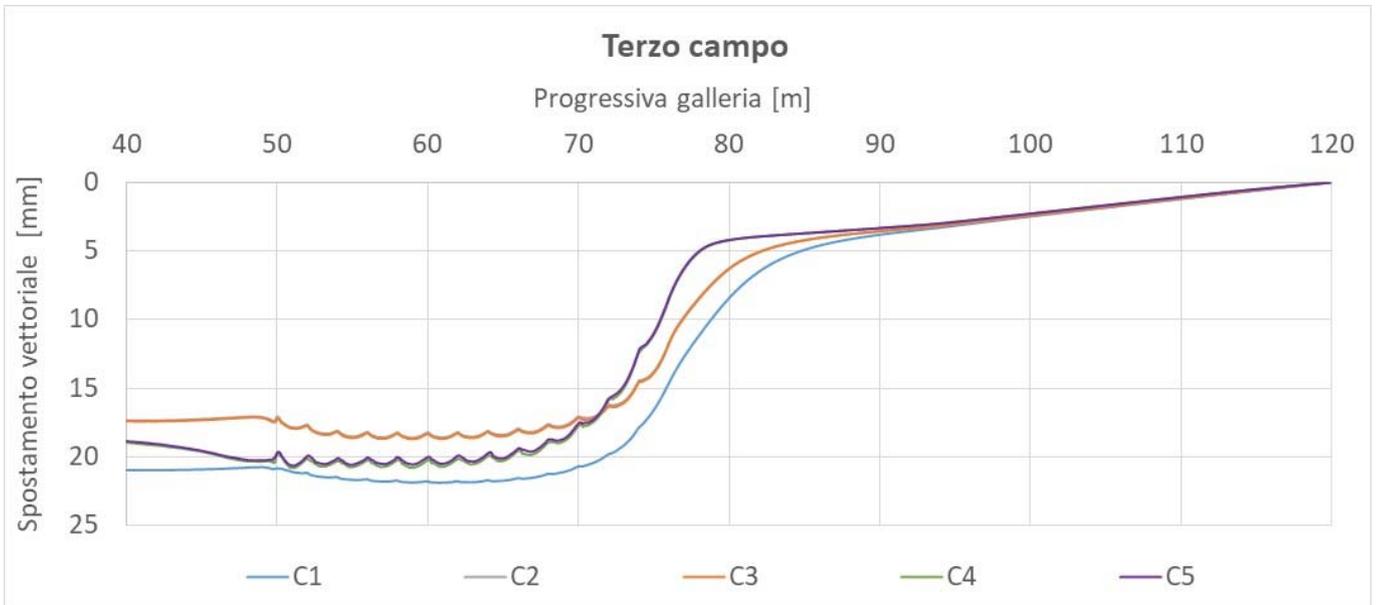


Figura 45 : Valori degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del profilo di scavo durante lo scavo del terzo campo.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 93 di 288

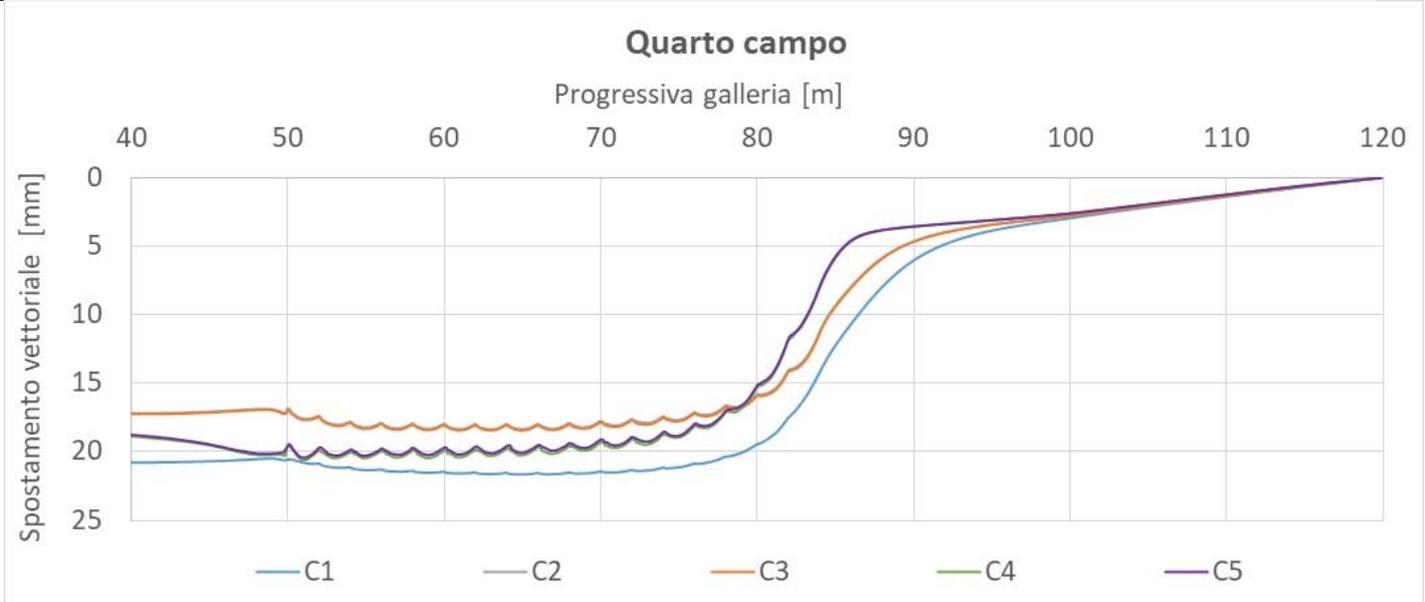


Figura 46 : Valori degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del profilo di scavo durante lo scavo del quarto campo.

Infine nelle seguenti Figure sono riportati delle rappresentazioni grafiche dell'andamento degli spostamenti vettoriali ottenuti in galleria in corrispondenza dei punti C1, C2, C3, C4 e C5 nella fase finale relativa allo scavo di 80 m della galleria.

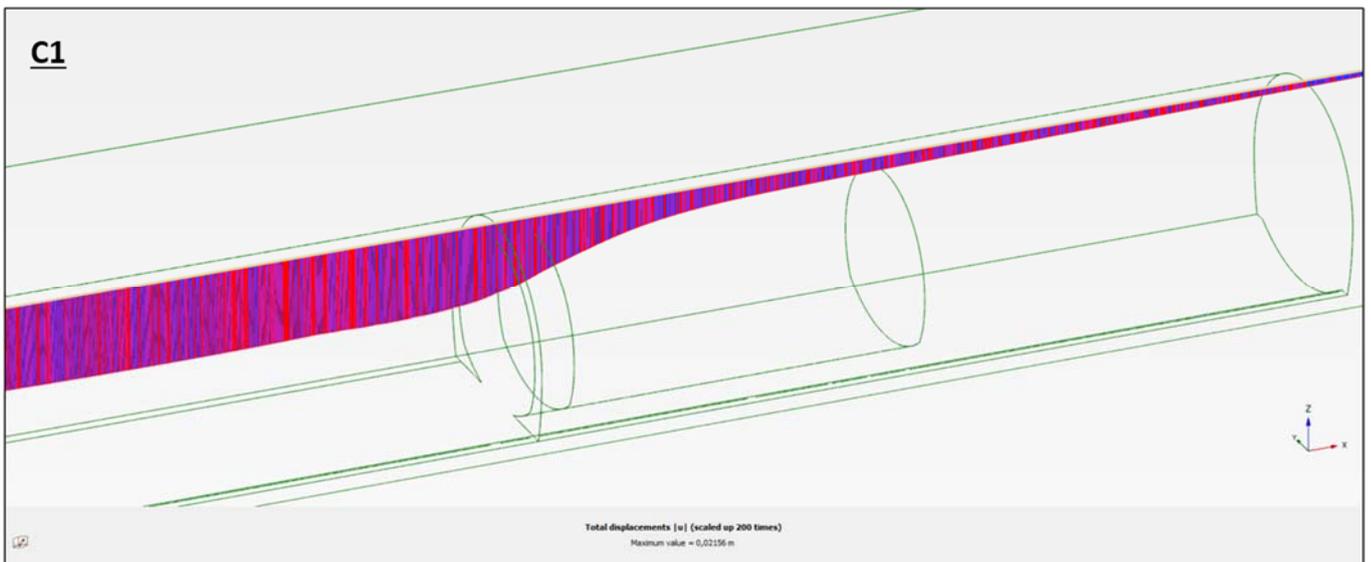


Figura 47: estratto PLAXIS 3D; fase finale; andamento degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del punto C1.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 94 di 288

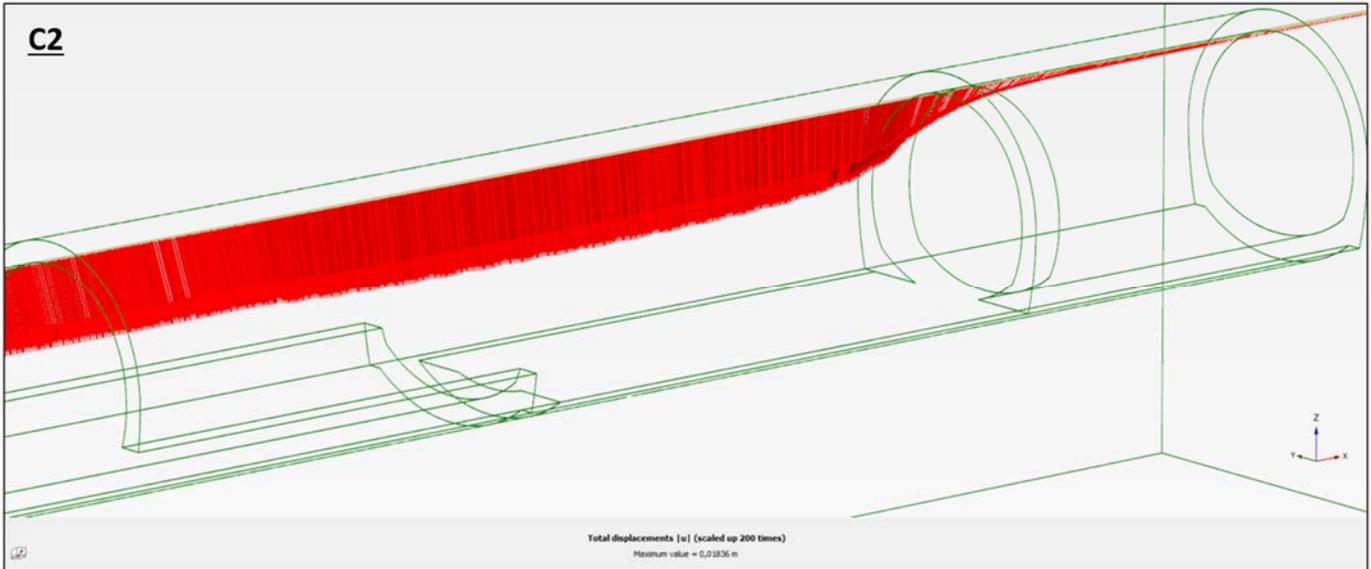


Figura 48 : estratto PLAXIS 3D; fase finale; andamento degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del punto C2.

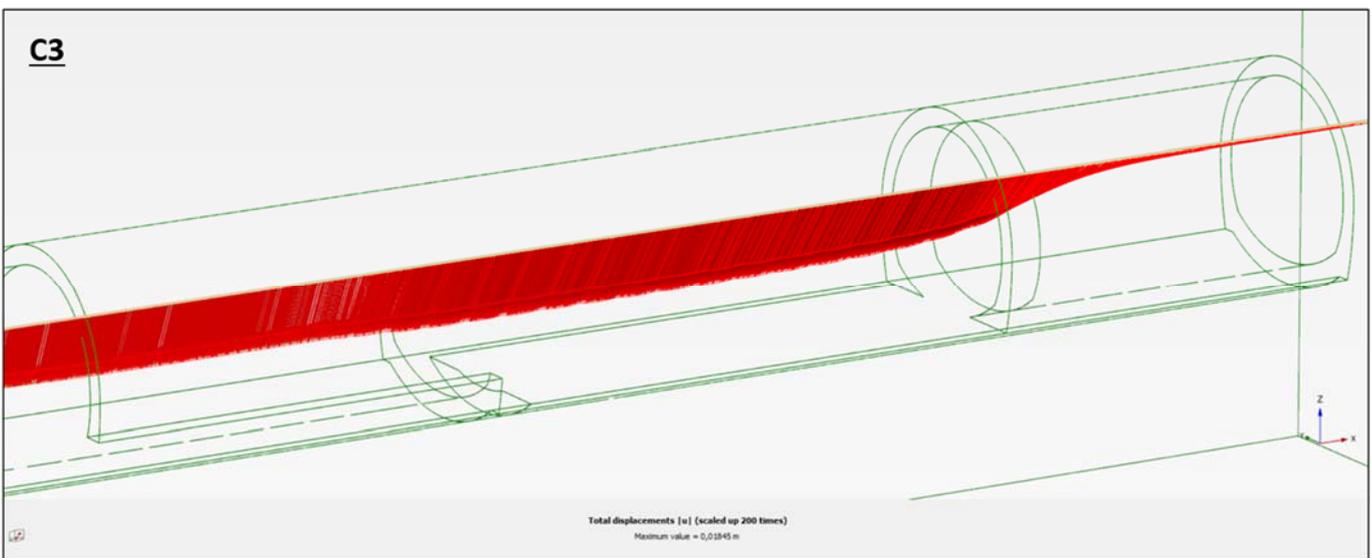


Figura 49 : estratto PLAXIS 3D; fase finale; andamento degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del punto C3.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 95 di 288

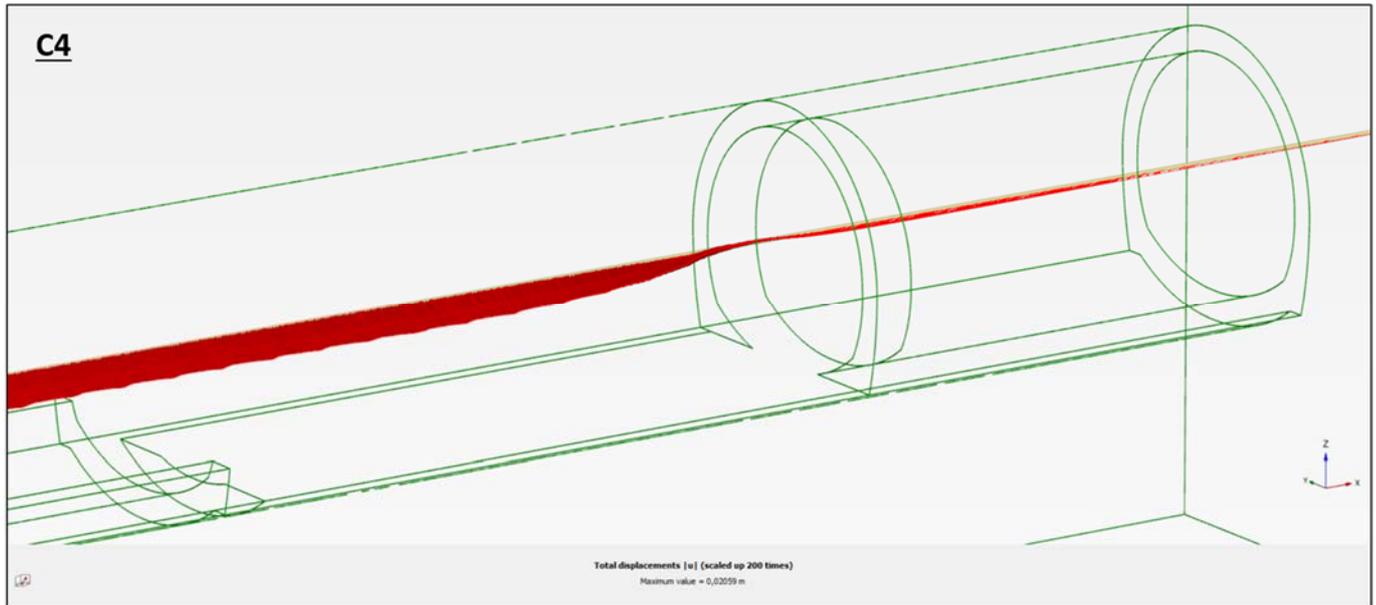


Figura 50 : estratto PLAXIS 3D; fase finale; andamento degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del punto C4.

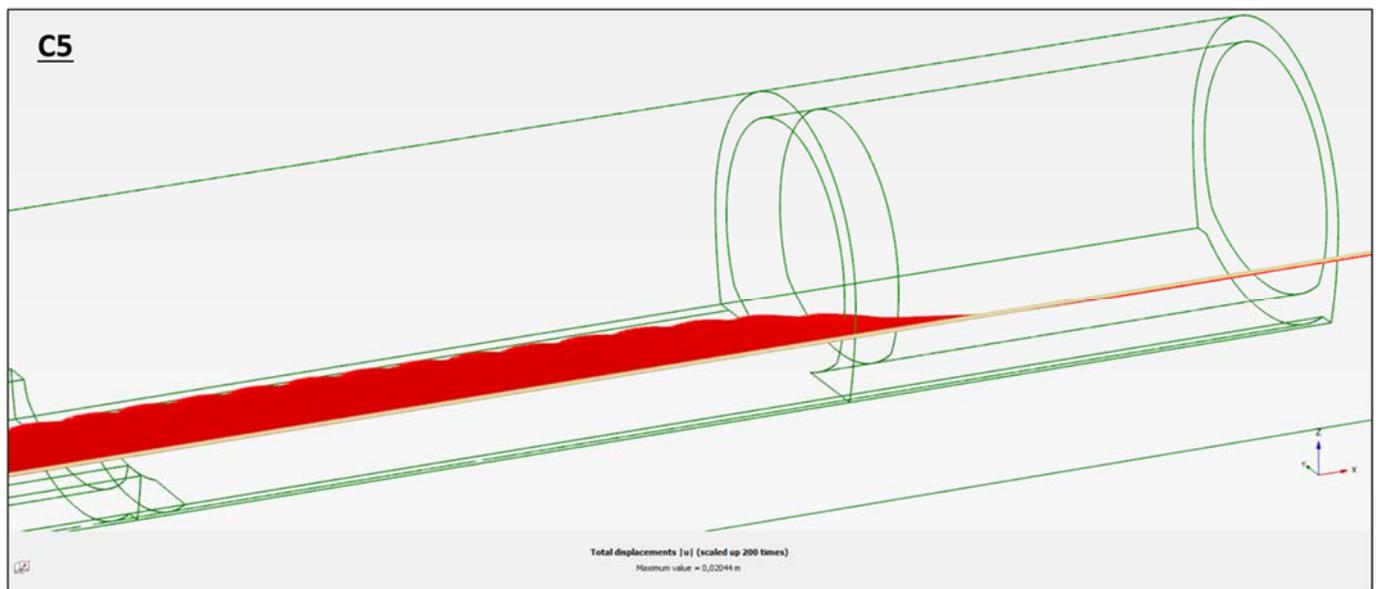


Figura 51 : estratto PLAXIS 3D; fase finale; andamento degli spostamenti vettoriali in corrispondenza del punto C5.

In conclusione, come si può notare da tali Figure, gli spostamenti vettoriali massimi ottenuti risultano contenuti e sempre inferiori a 25 mm; inoltre tali spostamenti massimi, anche quelli relativi ai punti C4 e C5, in corrispondenza dei due piedritti, si stabilizzano rapidamente mostrando l'efficacia del prerivestimento a garantire il raggiungimento di adeguate condizioni di stabilità in quanto non si nota alcun gradiente di deformazione nel tempo.

Pertanto il getto delle murette e dell'arco rovescio può essere maggiormente distanziato, fino ad almeno un valore di circa 3 diametri in quanto i piedritti e il piede delle centine risultano stabili e immuni da rischi residui di spostamenti, verso l'interno del cavo. Tuttavia, come già ricordato tali valutazioni dovranno essere verificate in corso d'opera mediante le

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 96 di 288

stazioni di monitoraggio e, in accordo al Metodo Osservazionale e all'approccio progettuale ADECO-RS, il documento progettuale linee guida per la gestione delle sezioni tipo di scavo e avanzamento fornisce le indicazioni al riguardo.

7.4.4.5 Estrusioni del fronte di scavo

Le Figure di seguito riportate mostrano le estrusioni del fronte di scavo calcolate per le stesse fasi di realizzazione considerate per l'analisi delle convergenze.

Le estrusioni sono mostrate nelle Figure di seguito riportate, suddivise con 20 intervalli compresi tra il valore minimo e massimo dello spostamento in direzione dell'asse della galleria (x) e in verso contrario a quello di avanzamento.

La tabella di seguito riportata riassume per le fasi relative ai 4 campi di avanzamento, i valori massimi di estrusione al fronte calcolati.

Per ogni fase considerata, non si ottiene alcun valore superiore ai 35 mm, il che permette di concludere che anche le estrusioni del fronte restano estremamente modeste e pertanto lo stesso nucleo di scavo garantisce una adeguata stabilità insieme al presostegno previsto, non rendendo necessario alcun avvicinamento al fronte, del getto delle murette e dell'arco rovescio.

Tabella 31 : riepilogo dei valori di estrusione calcolati.

Estrusioni massime al fronte	
Fase di analisi	Valore calcolato [mm]
Campo VTR 1	35
Campo VTR 2	34
Campo VTR 3	30
Campo VTR 4	28

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 97 di 288

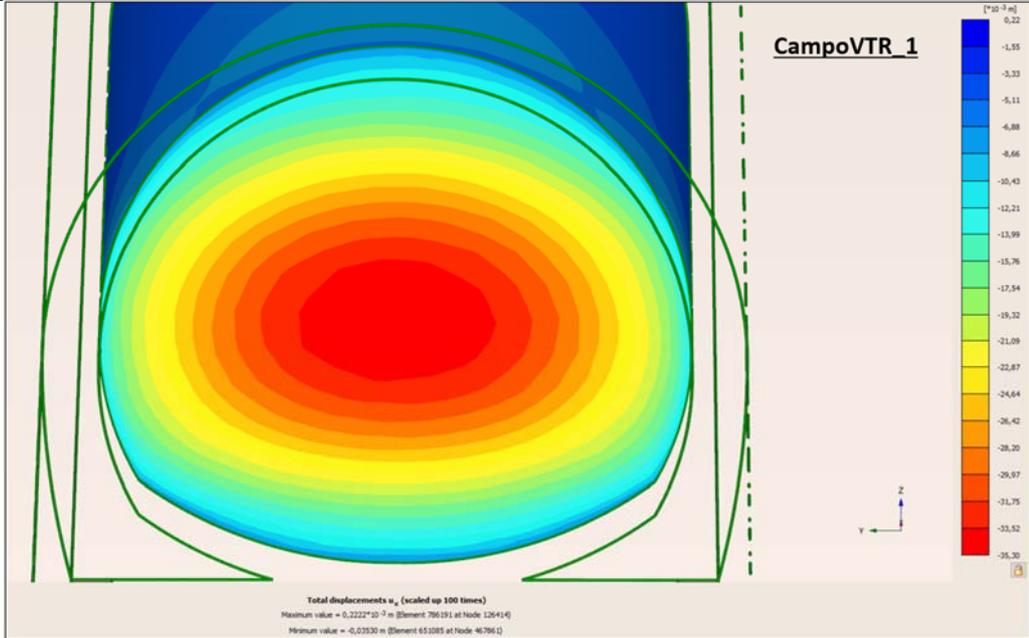


Figura 52 : Mappatura dei valori di estrusione al fronte di scavo – primo campo VTR

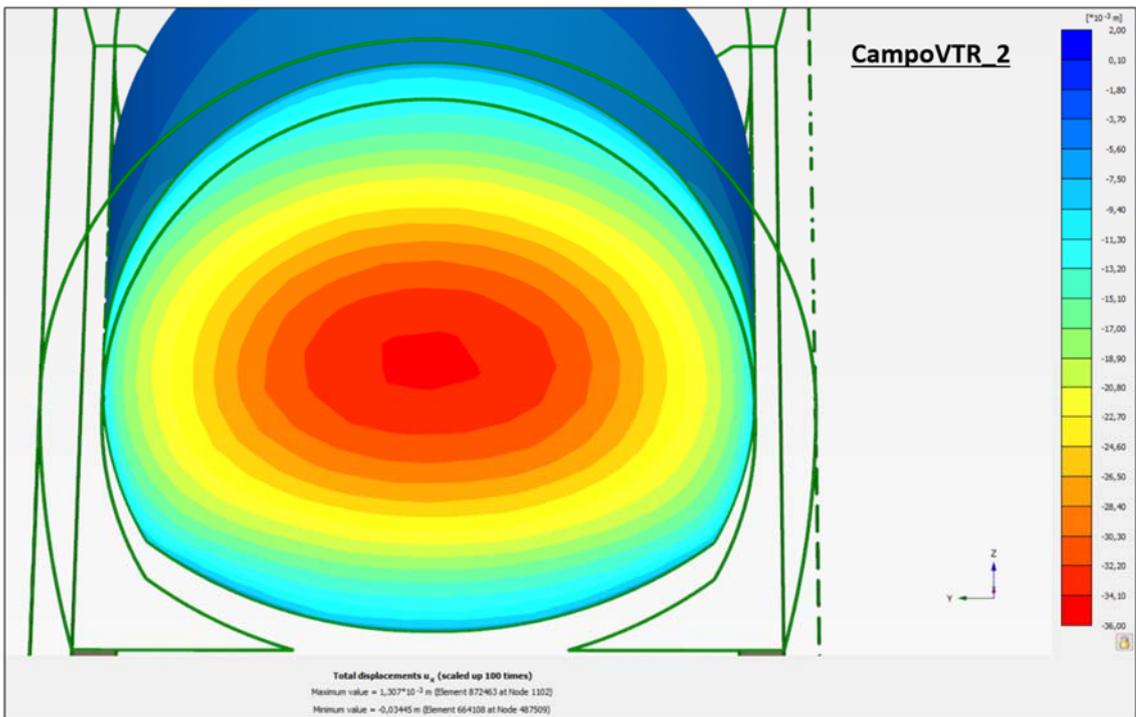


Figura 53 : Mappatura dei valori di estrusione al fronte di scavo – secondo campo VTR

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 98 di 288

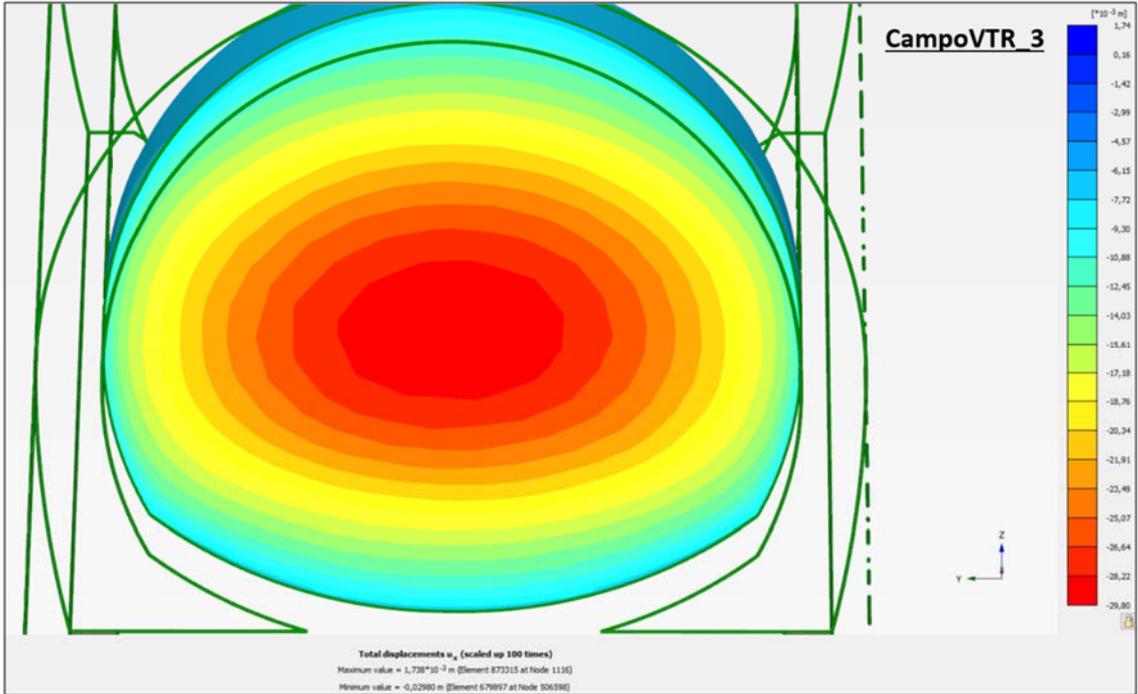


Figura 54 : Mappatura dei valori di estrusione al fronte di scavo – terzo campo VTR

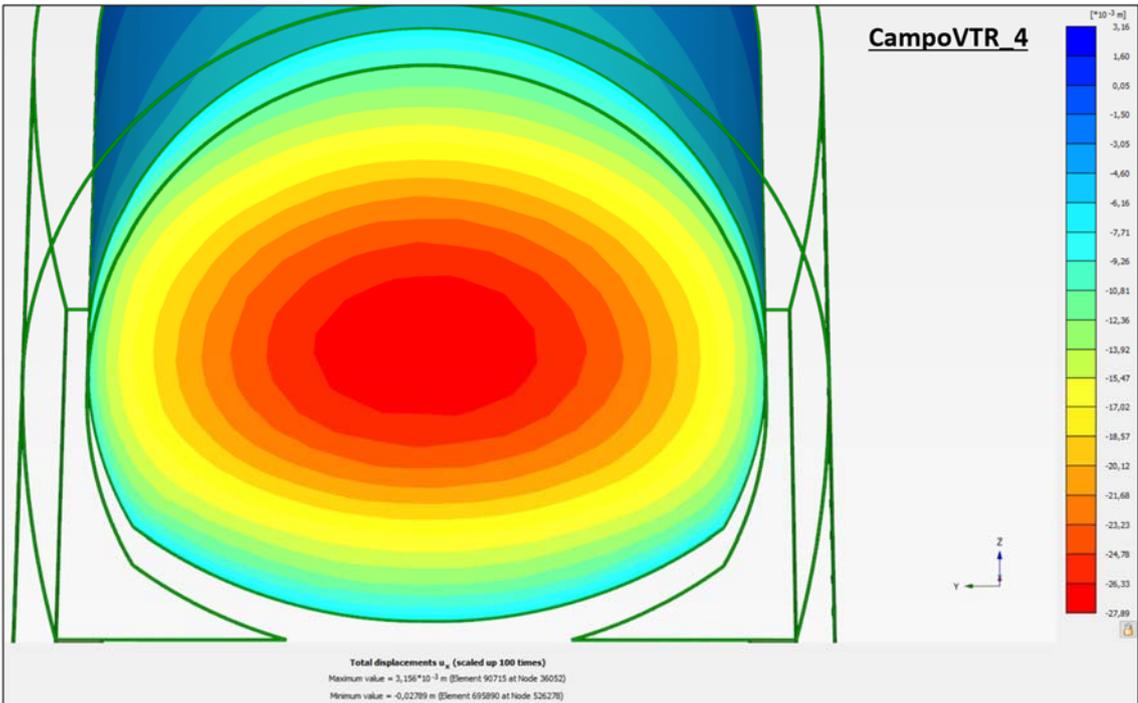


Figura 55 : Mappatura dei valori di estrusione al fronte di scavo – quarto campo VTR

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 99 di 288

7.4.5 Analisi n. 1 Sezione B2 – (Pk. 0+200) – Discenderia F1, copertura = 35 m

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della prima parte della galleria d'accesso/uscita della finestra F1, fino al Pk 0+200 e una copertura massima di 35 m. Questa tratta sarà realizzata con una sezione di tipo B2.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 56).

Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica iniziale precedente allo scavo.

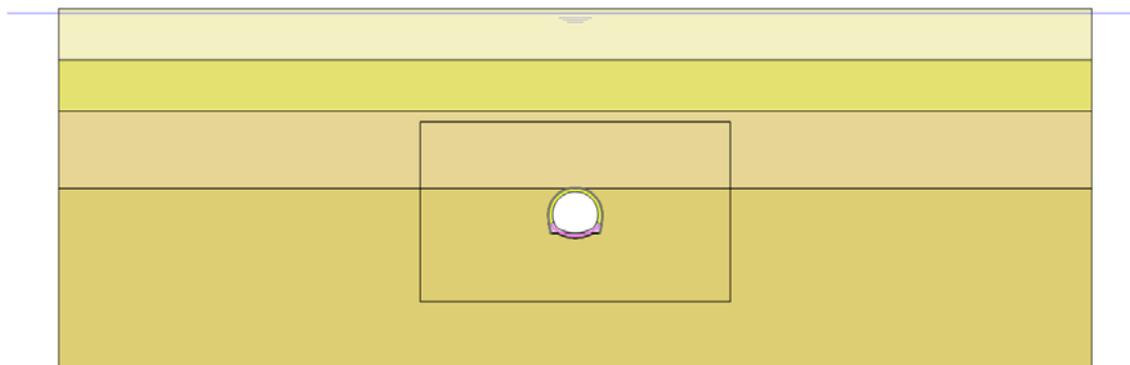


Figura 56 : Modello geotecnico della sezione B2

La Tabella 32 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 32 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 100 di 288

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 200 m ed un'altezza complessiva di 70 m (Figura 57); i bordi sono stati collocati in modo da garantire una distanza sufficiente, relativamente alla copertura elevata. Inoltre, la loro distanza dalla galleria ($>3D$ con D = diametro della galleria), assicura che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

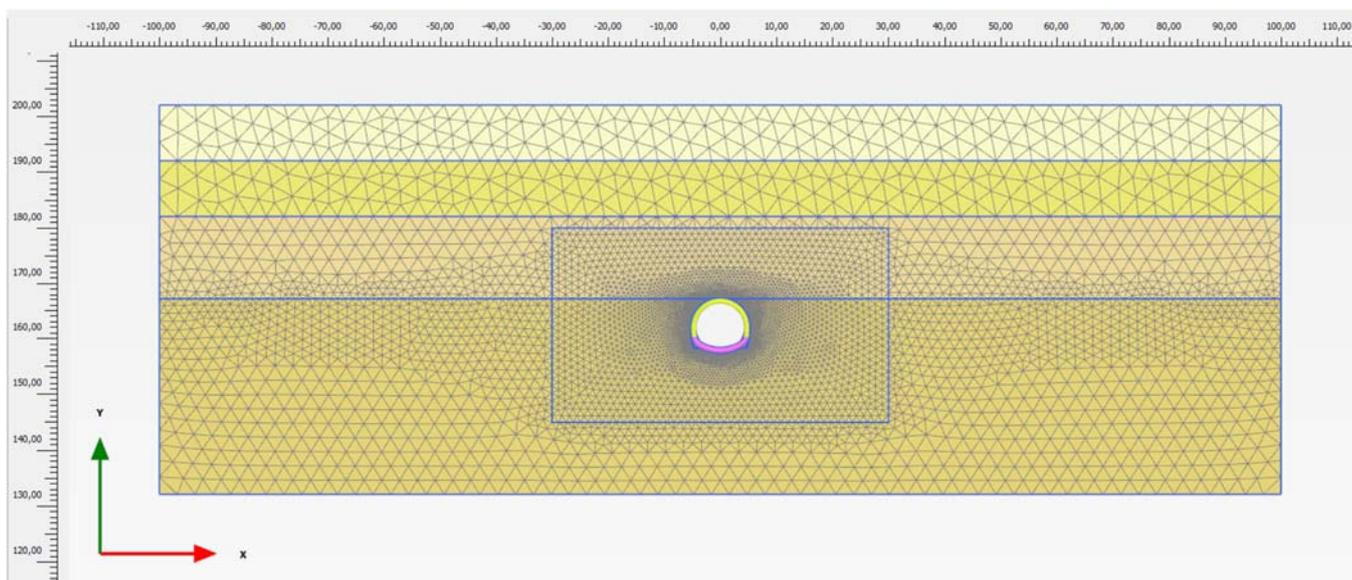


Figura 57 : Modello di calcolo, sezione B2 - Geometria mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB180 e spritz-beton di spessore 25 cm, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 33 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,25
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 101 di 288

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e le reni è stato considerato uno spessore pari a 0,7 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,1 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta spessore di 0,8 m.

Fasi e percentuali di rilascio a 35 m

Rispetto alle sezioni le cui analisi sono presentate successivamente, la B2 è l'unica sottoposta a coperture significativamente minori, per cui il modello 3D per la curva cedimenti in calotta al §0 non può essere adottato in tal caso.

Per la geometria di scavo della B2, si riporta di seguito la curva cedimenti – spostamento rispetto al fronte, con una copertura di 35 m e i parametri geotecnici di Tabella 32, secondo la soluzione di Panet.

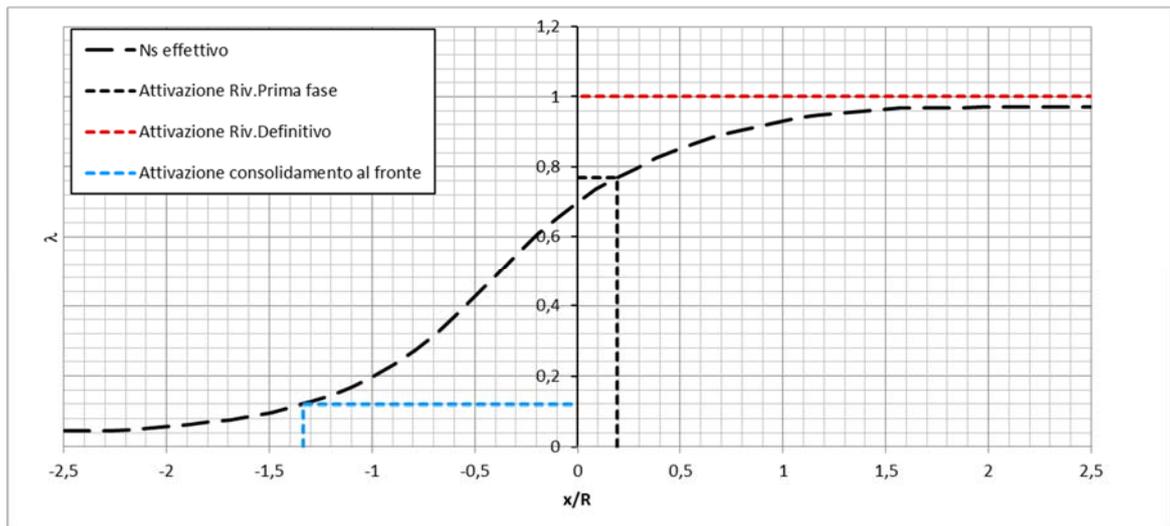


Figura 58 : Curva cedimenti-spostamento, sezione B2 – Soluzione di Panet per una copertura di 35 m

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo. La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte (“rilascio forze di scavo”).

Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio elencate nella Tabella 34.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 102 di 288

Tabella 34 : Sintesi dei tassi di rilascio al cavo per H = 35 m e 50 m (Panet), rispetto alle stesse fasi per alte coperture da modello 3D

Fase	Relax da Panet per H = 35 m	Relax da Panet per H = 50 m	Tassi di rilascio da 3D a coperture massime (H 150 - 200m)
<i>Pre-convergenza</i>	12 %	12 %	30 %
<i>Apertura cavo</i>	69 %	69 %	70 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 1m dalla sezione di calcolo</i>	79 %	79 %	73 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 2m dalla sezione di calcolo</i>	86 %	82,5 %	80 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 10 m dalla sezione di calcolo</i>	97 %	96,7 %	98 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 28 m dalla sezione di calcolo</i>	100 %	100 %	100 %
<i>Getto arco rovescio e murette</i>	100 %	100 %	100 %
<i>Getto rivestimento definitivo di calotta</i>	100 %	100 %	100 %
<i>Fase di Consolidazione</i>	100 %	100 %	100 %

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 103 di 288

Tabella 35 : Analisi 1, sezione B2 – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello	-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elastoplastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 7 m)	0,12
3	Apertura del cavo	0,69
4	Installazione del rivestimento di prima fase	0,79
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,79
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,86
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,97
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette.	1,00
10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 104 di 288

LUNGO TERMINE			
11	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase.	1,00
12	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre e ripristino della condizione idraulica preesistente allo scavo e costruzione della galleria, ovvero falda a -1m dal p.c ed in condizioni idrostatiche.	1.00

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.1 – sezione B2. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 7 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 3.8 mm in calotta e 1.1 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 1.8 mm. In questa fase si sviluppa una fascia plasticizzata per taglio nell'intorno del cavo.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 37.6 mm in calotta e 8.4 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 17.3 mm. In questa fase si osserva un'ulteriore diffusione della plasticizzazione al contorno del profilo di scavo. (ordine metrico)

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine di 50.1 mm mentre in arco rovescio è di circa 10.8 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 25.2 mm come valore massimo. In questa fase si osserva un leggero incremento delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente (con oscillazioni dell'ordine del mm). La zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 105 di 288

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni, in particolare al di sopra della calotta.

FASE 7

A Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Similmente alla fase precedente, in questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni al di sopra della calotta ed un leggero incremento delle plasticizzazioni lungo i piedritti e al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni, in particolare al di sopra della calotta.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una riduzione leggera delle plasticizzazioni al di sopra della calotta e marcata al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente.

FASE 11

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Si osserva lo sviluppo di una fascia plastica intorno al rivestimento definitivo.

Fase 12

In fase si simula il fenomeno della consolidazione e conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre insorte durante il processo di scavo e costruzione della galleria. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 106 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidzze assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

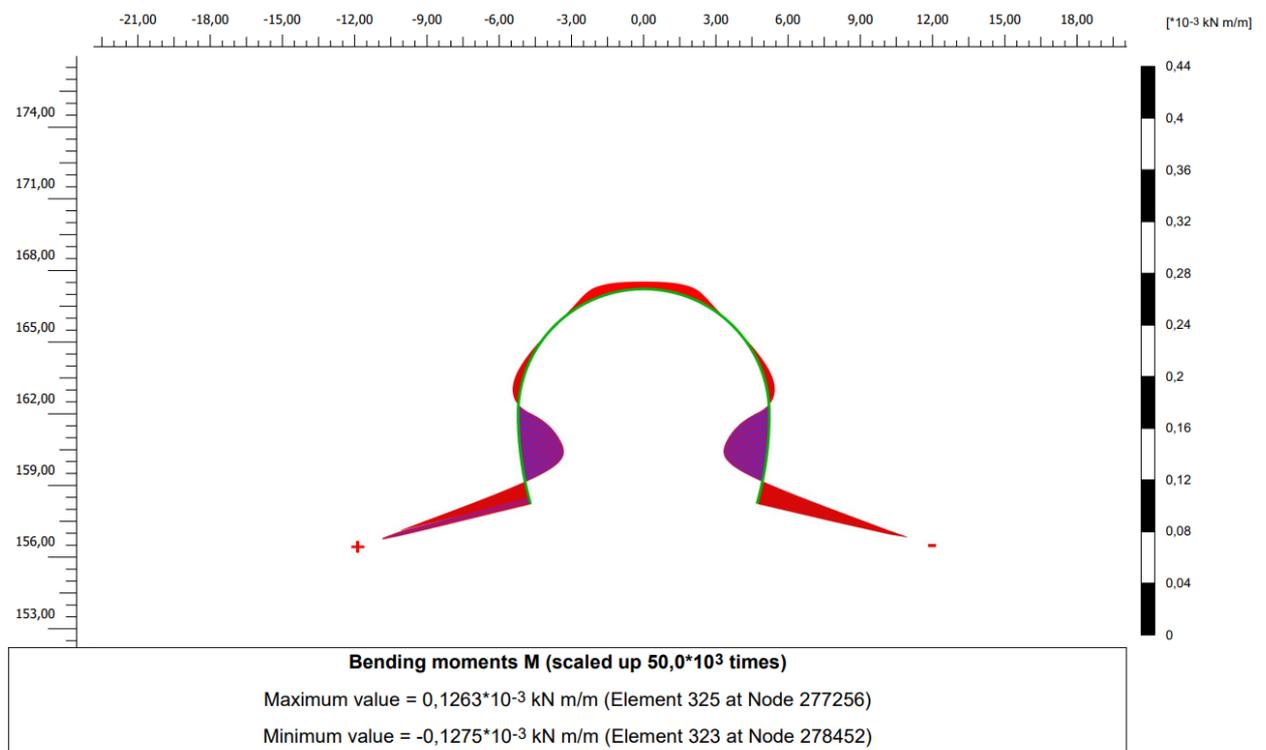


Figura 59 : andamento momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 107 di 288

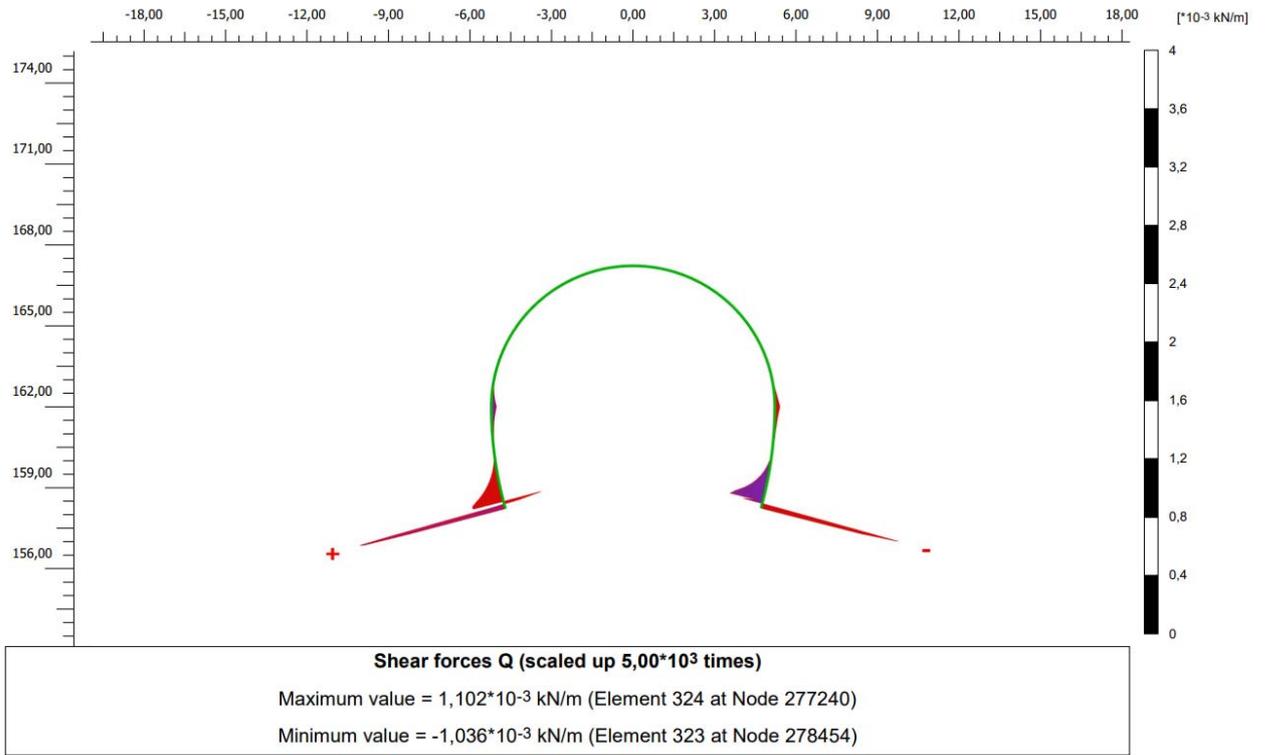


Figura 60 : andamento taglio (fase 8)

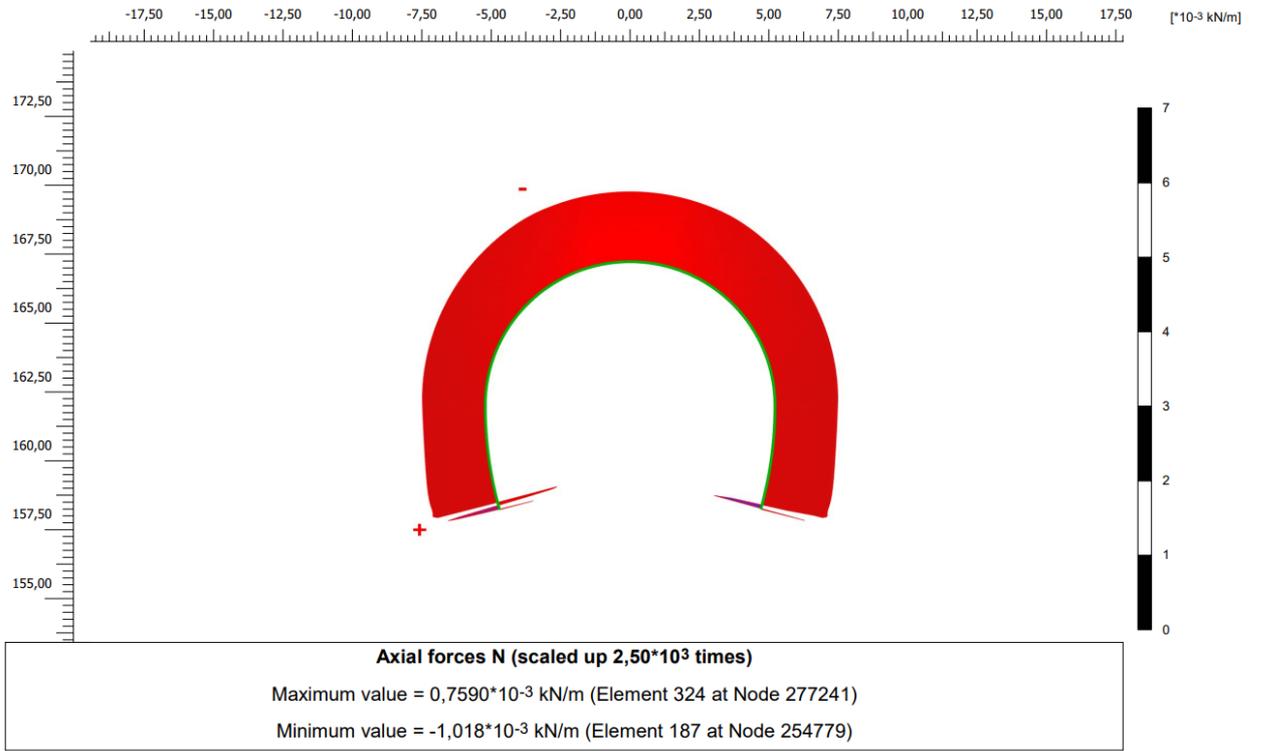


Figura 61 : andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 108 di 288

Si noti che i valori di picco al piede delle centine sono dovuti a singolarità numeriche le quali non rientrano nelle verifiche SLU di dimensionamento. Inoltre, le centine al piede sono dotate di appoggi di rinforzo per un'altezza di circa 50 cm.

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica:

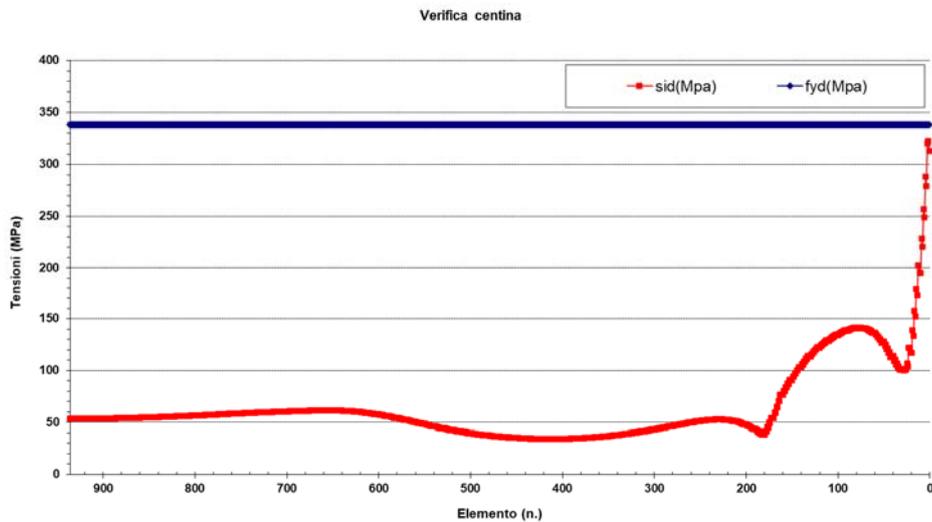


Figura 62 : verifica SLU Tensioni centina HEB180 – fase 8

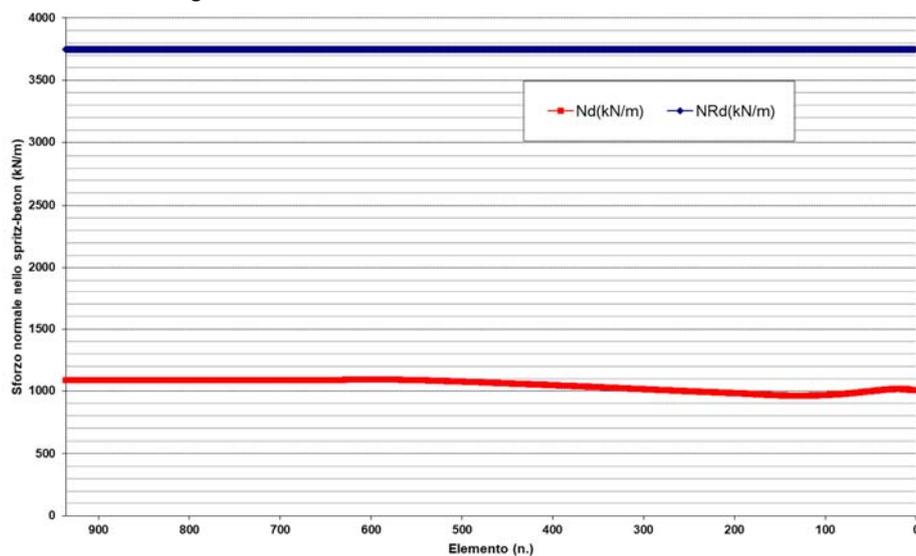


Figura 63 : verifica SLU sforzo normale spritz-beton da 25 cm – fase 8

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 109 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

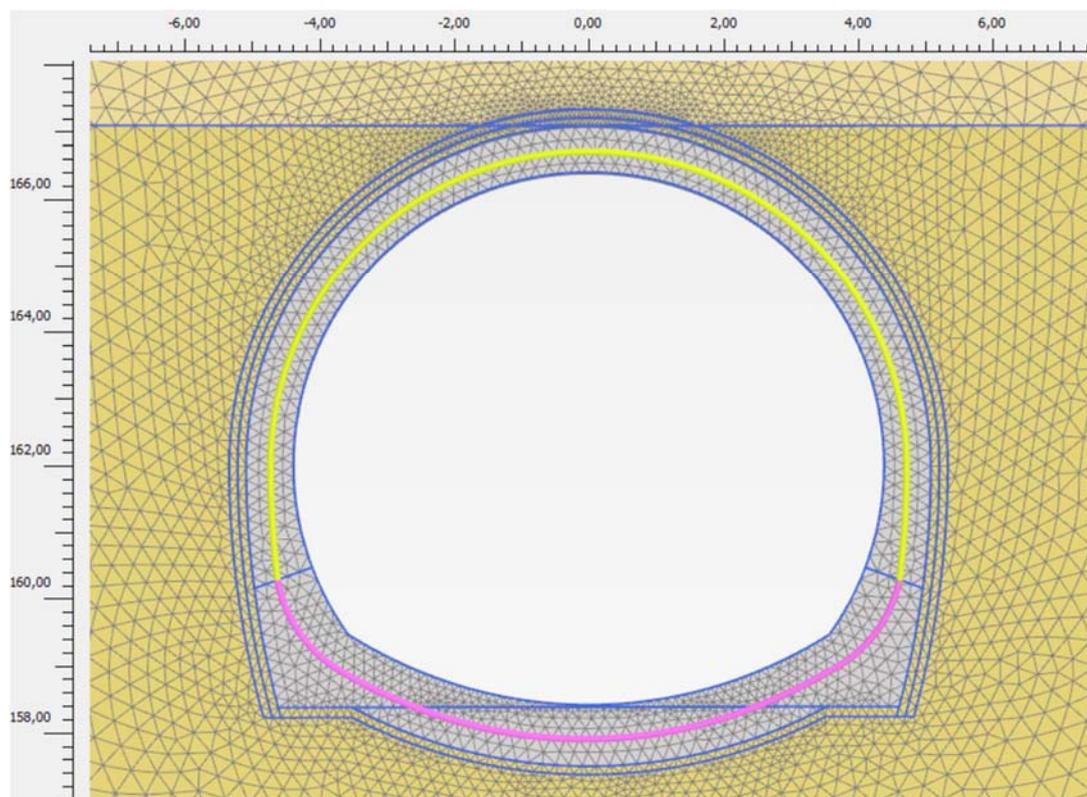


Figura 64 : Rivestimento definitivo

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

Sia la calotta che l'arco rovescio – in intradosso come in estradosso – sono armati con $5\phi 22/m$.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm e un calcestruzzo di classe C25/30.

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 110 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No. 12 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

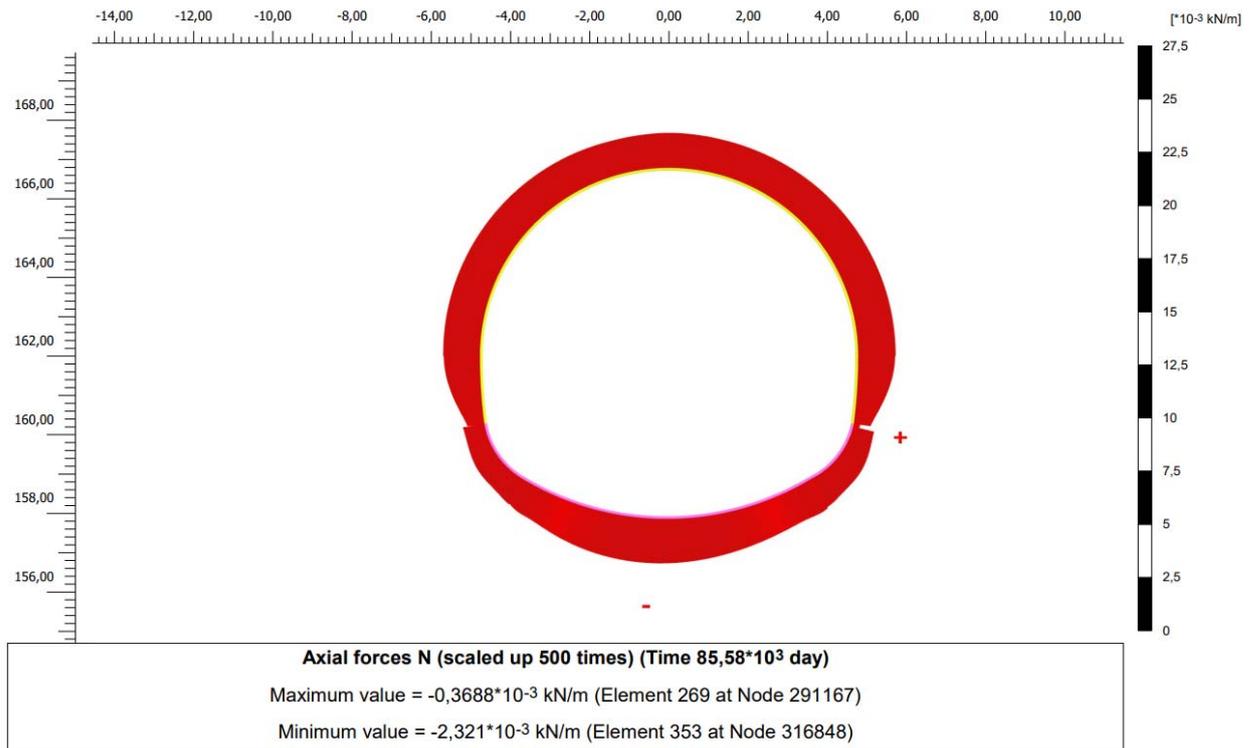
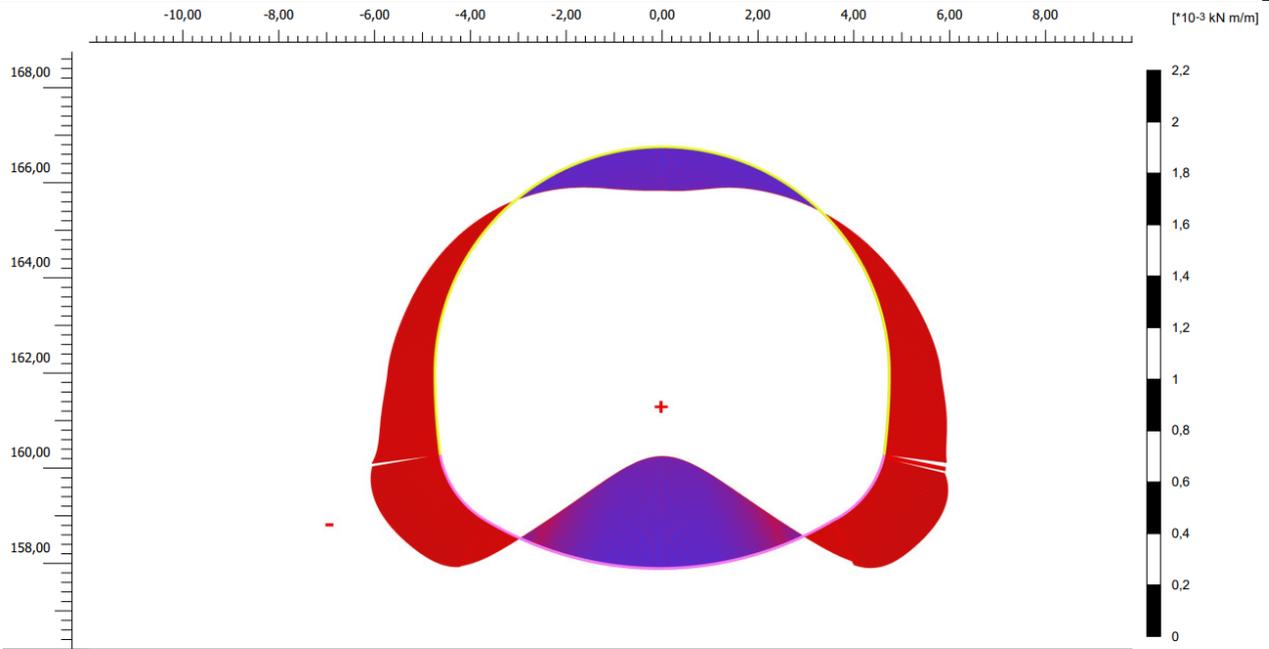


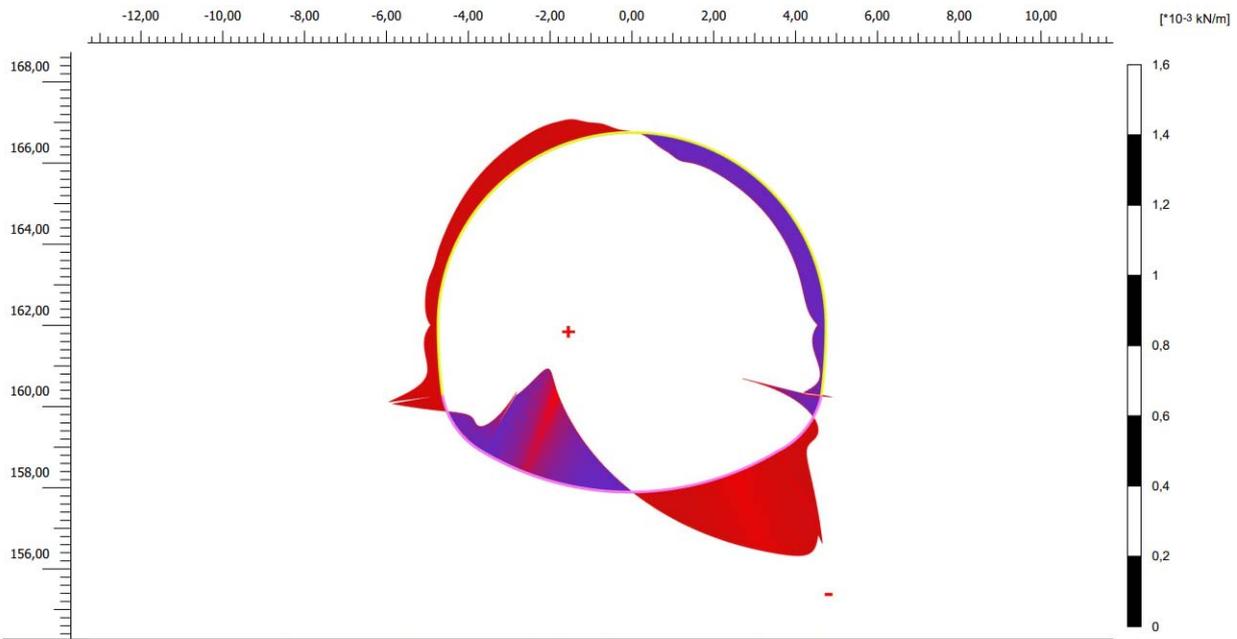
Figura 65 : Andamento sforzo normale (fase 12)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 111 di 288



Bending moments M (scaled up $5,00 \cdot 10^3$ times) (Time $85,58 \cdot 10^3$ day)
 Maximum value = $0,4704 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 355 at Node 316841)
 Minimum value = $-0,3145 \cdot 10^{-3}$ kN m/m (Element 272 at Node 288169)

Figura 66 : Andamento momento flettente (fase 12)



Shear forces Q (scaled up $8,00 \cdot 10^3$ times) (Time $85,58 \cdot 10^3$ day)
 Maximum value = $0,3199 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 317 at Node 301943)
 Minimum value = $-0,3219 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 311 at Node 303689)

Figura 67 : Andamento taglio (fase 12)

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 112 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU):

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3000,6	611,3	SLU	1000	627	5f22 5f22	723,6	OK
210	CA-SX-M(max)	B	-2315,6	66,5	SLU	1000	627	5f22 5f22	615,9	OK
211	CA-DX-M(max)	C	-2268,2	14,9	SLU	1000	627	5f22 5f22	607,2	OK
88	CA-SX-Q(max)	D	-2829,8	409,7	SLU	1000	627	5f22 5f22	699,9	OK
89	CA-DX-Q(max)	E	-2656,0	432,6	SLU	1000	627	5f22 5f22	673,7	OK
840	Mezz-AR	F	-2387,8	237,9	SLU	1000	727	5f22 5f22	748,3	OK

Tabella 36 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3000,6	7,4	SLU	1000	627	481,3	OK
210	CA-SX-M(max)	B	-2315,6	382,5	SLU	1000	627	481,3	OK
211	CA-DX-M(max)	C	-2268,2	393,3	SLU	1000	627	481,3	OK
88	CA-SX-Q(max)	D	-2829,8	228,7	SLU	1000	627	481,3	OK
89	CA-DX-Q(max)	E	-2656,0	218,1	SLU	1000	627	481,3	OK
840	Mezz-AR	F	-2387,8	4,0	SLU	1000	727	548,5	OK

Tabella 37 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 113 di 288

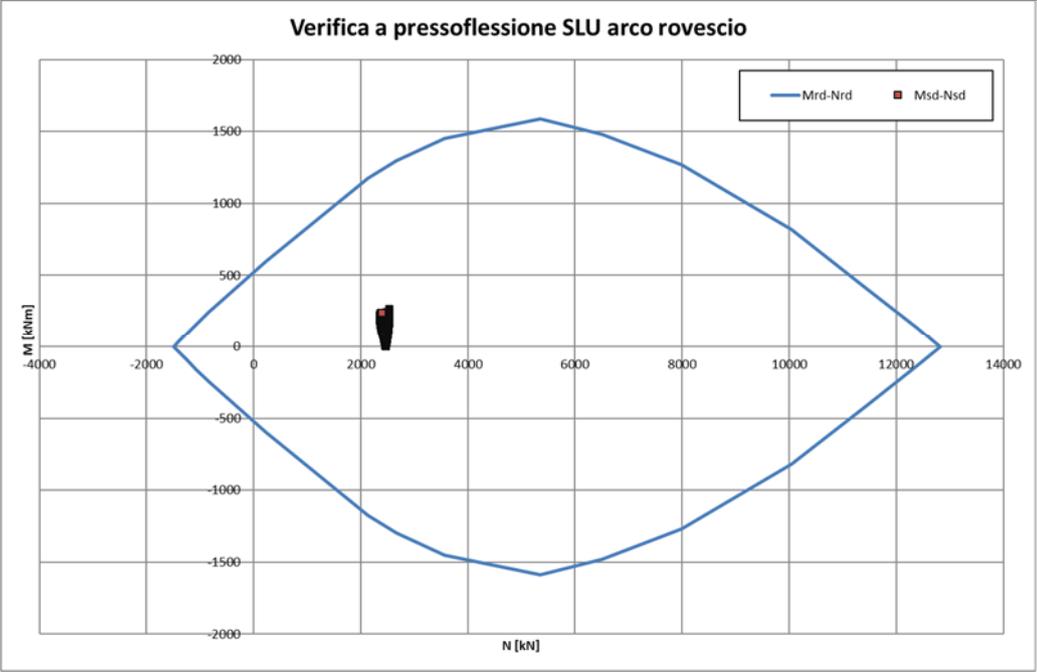


Figura 68 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

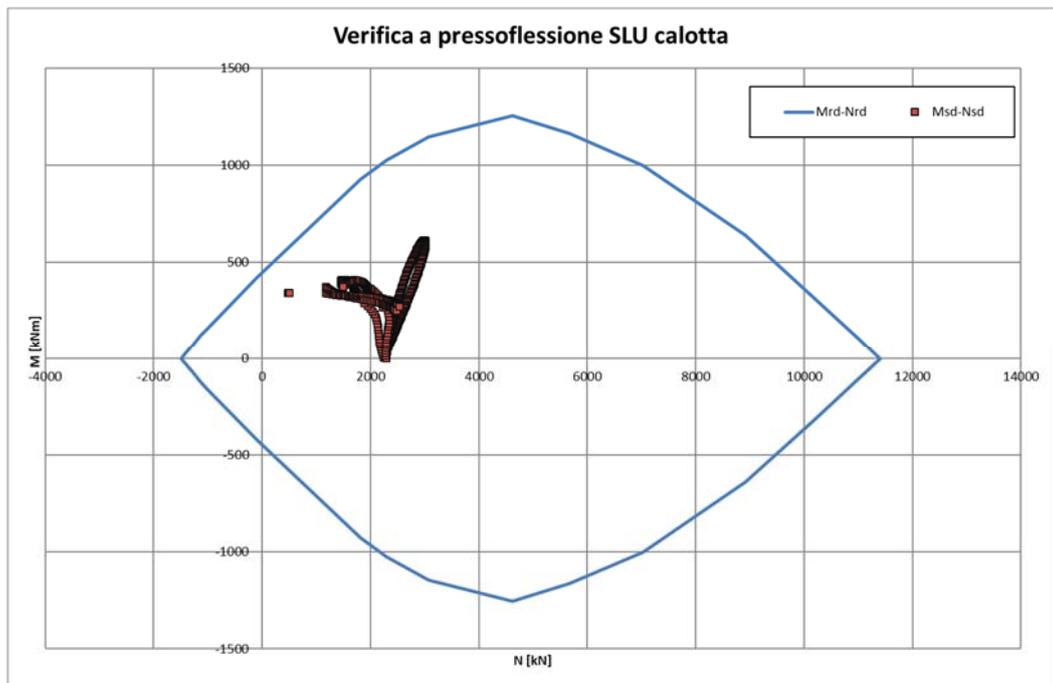


Figura 69 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 114 di 288

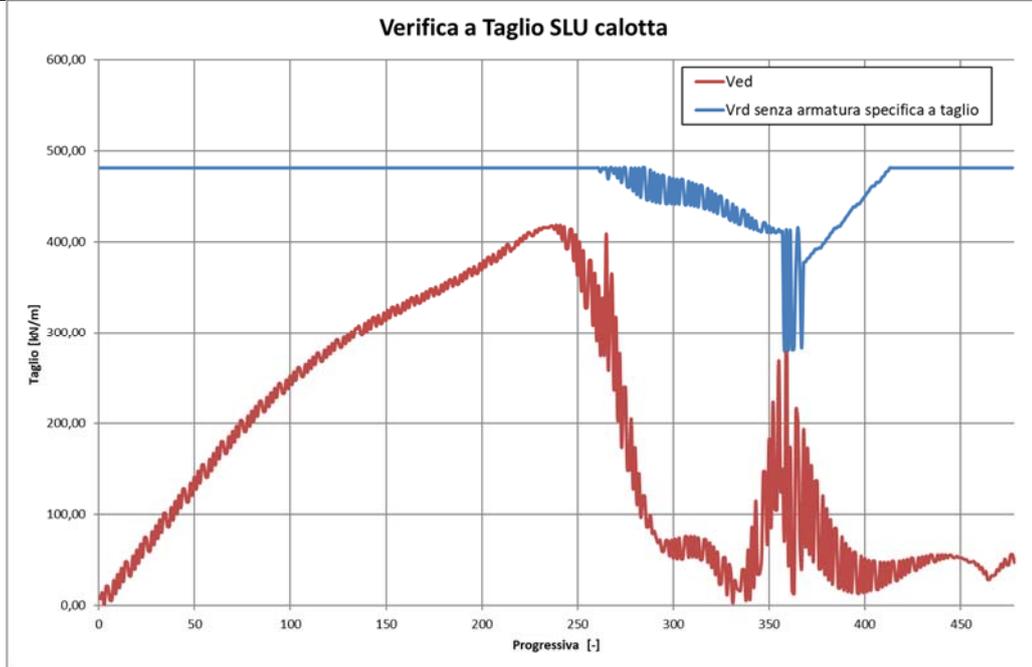


Figura 70 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

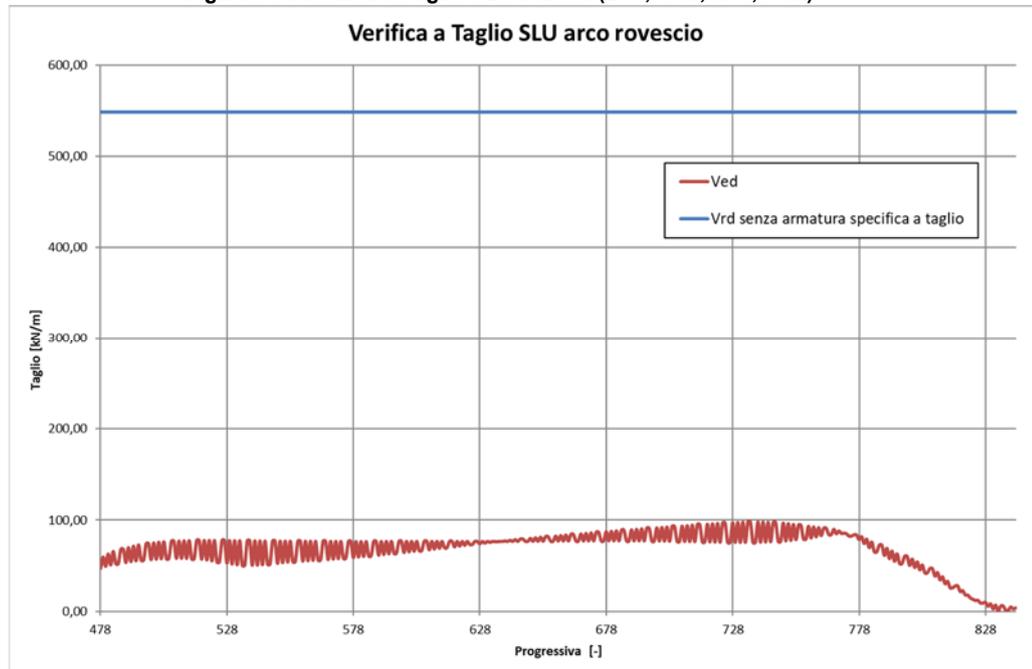


Figura 71 : Verifica a Taglio SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

Sebbene i rivestimenti definitivi non necessitino di armatura a taglio, si predispone ugualmente l'inserimento di un minimo di specifica armatura a taglio costituita da spille $\phi 12$ 3br/40cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 115 di 288

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine (Fase 12).

- Stato Limite di Fessurazione

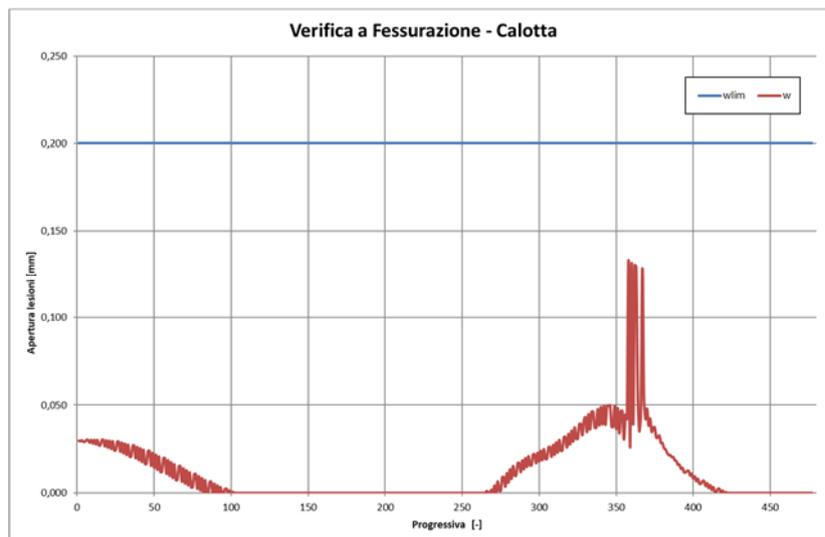


Figura 72 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

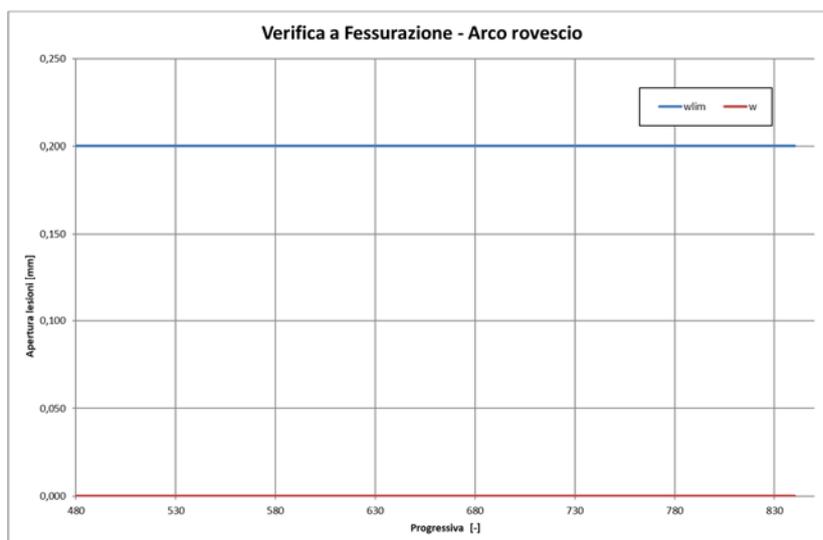


Figura 73 : Verifica SLE Fessurazione – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 116 di 288

- Stato limite di Tensione

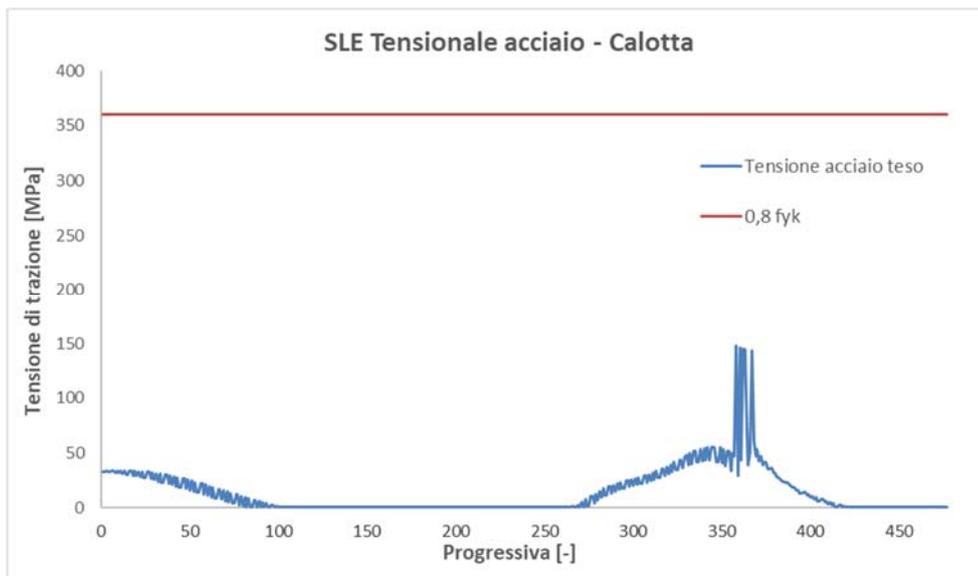


Figura 74 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

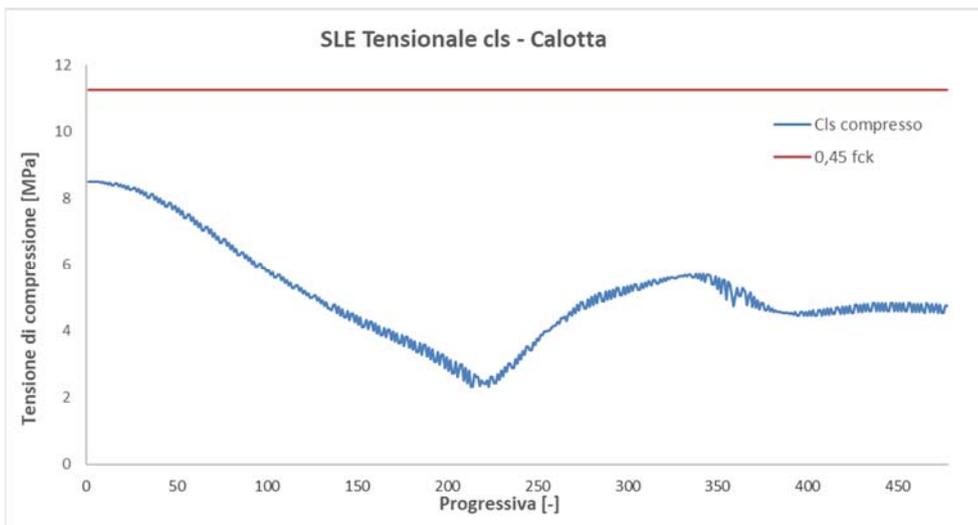


Figura 75 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 117 di 288

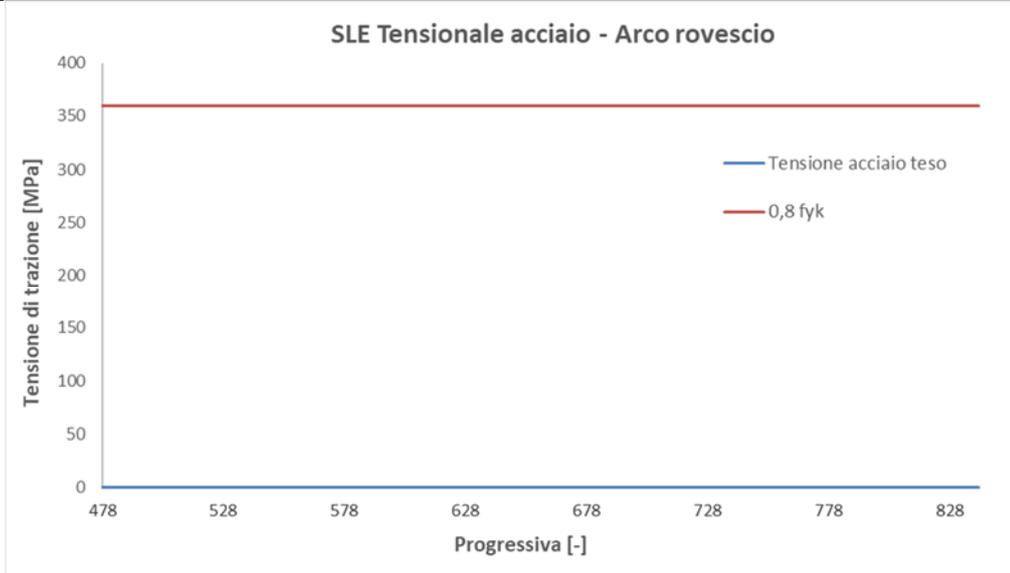


Figura 76 : Verifica SLE Tensionale acciaio– Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

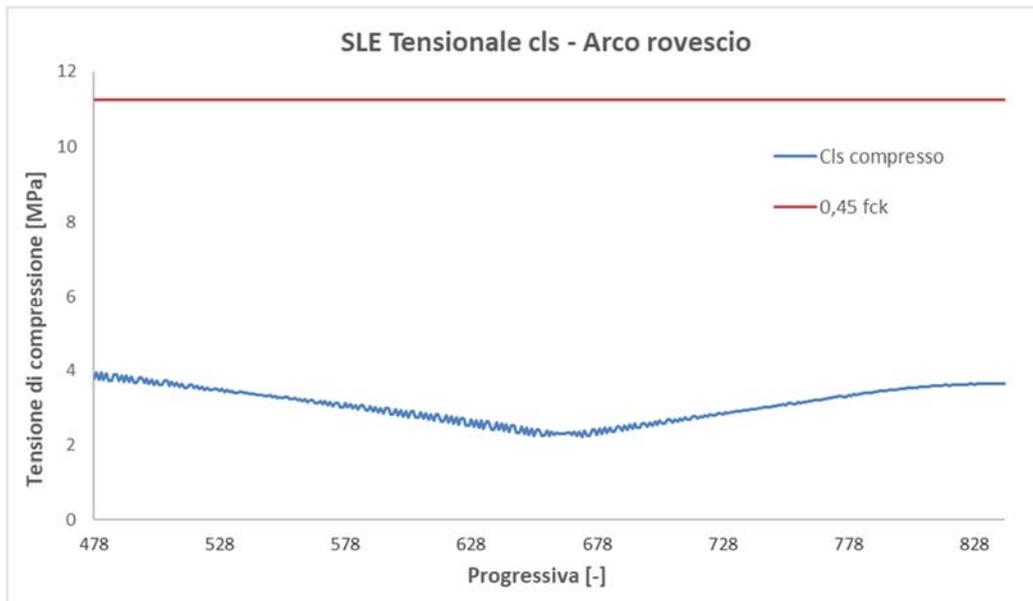


Figura 77 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 118 di 288

Interazione opera-terreno in presenza di azione sismica

La sezione B2 viene analizzata anche per quanto riguarda le verifiche nei confronti dell'azione sismica. Essa si configura come il caso dimensionante, tra le 4 sezioni analizzate, in termini di :

- Copertura: la sezione B2 è la meno profonda tra le 4 sezioni concepite per la F1. (copertura massima di 35 m). Con la profondità, si assiste in generale a un decremento della pericolosità sismica;
- Rivestimento: la sezione B2 – per quanto riguarda simultaneamente gli spessori e le armature degli elementi strutturali – si configura anche come la sezione meno resistente.

Definizione dell'azione sismica

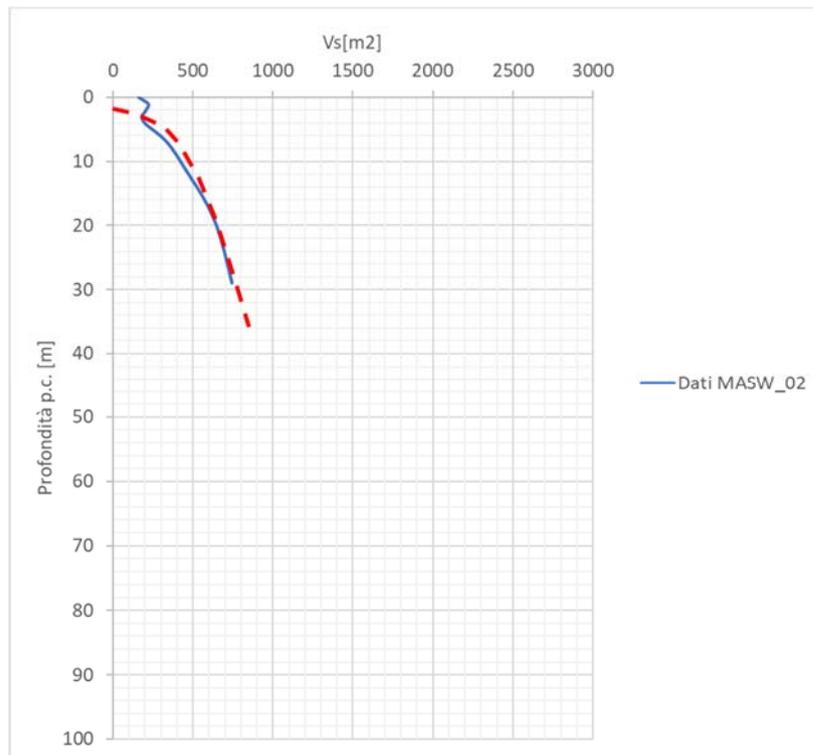


Figura 78 : prova MASW_02 in STF2

La prova MASW geofisica ha permesso la determinazione diretta della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità. Con poco margine di errore, è possibile estrapolare l'andamento della velocità fino alla profondità di 35 m (curva in rosso), che consente di ricoprire l'intera stratigrafia di copertura della sezione B2. In questo senso, è stato possibile caratterizzare la risposta del terreno in termini di parametri geotecnici elastici sotto azione sismica, sulla base della stratigrafia in Tabella 32.

Di seguito, vengono riportati in sintesi i dati di ingresso per l'analisi sismica, per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica e della risposta elastica del sito (Tabella 38 e Tabella 39).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 119 di 288

Formazione	a_g	SS	ST	a_{max}	Coefficiente correttivo di a_{max} alla profondità della galleria	PGA alla profondità della galleria
STF2	0,362	1,062	1	0,3844	0,7	0,269

Tabella 39 : Parametri per la definizione dell'azione sismica e per la risposta geotecnica (2)

Stratigrafia	Z_{base} (m)	Rapporto PGV (cm/s) e PGA (g)	PGV (m/s)	V_s (m/s)	Densità terreno (kg/mc)	$G=G_0$ (MPa)	Coefficiente di Poisson	E_0 (MPa)
STF2_1	10	94	0,253	300	2200,0	198,0	0,35	465,3
STF2_2	20	94	0,253	500		550,0	0,35	1292,5
STF2_3	35	94	0,253	700		1078,0	0,35	2533,3
STFZ_4	70	66	0,178	800		1408,0	0,35	3308,8

Pertanto, per la sezione in esame la caratterizzazione geotecnica condotta consente di valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi in cui l'azione sismica è definita in termini di storia temporale di accelerazione (cfr. § 7.11.3.1 del DM 17/01/2018).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 120 di 288

Analisi sismiche pseudo-statiche in direzione trasversale (SLV)

Le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) in direzione trasversale sono state condotte determinando l'incremento delle sollecitazioni indotte dall'azione sismica sui rivestimenti definitivi implementando l'approccio pseudo-statico in un modello numerico.

Tenendo conto della PGV e della velocità V_s delle onde di taglio stimate per la formazione alla quota della galleria (Tabella 39), l'approccio pseudo-statico prevede di simulare, alla quota della galleria, una distorsione angolare pari al rapporto $PGV / V_s = \gamma_{max} = 0,022\%$.

Il modello è vincolato alla base (spostamenti verticali e orizzontali impediti) con spostamenti verticali impediti anche sul bordo superiore. Successivamente è stata applicato uno spostamento in direzione orizzontale in testa al modello variandone l'intensità fino a raggiungere uno stato di sforzo tangenziale pressoché uniforme nel volume interessato dallo scavo della galleria e pari al valore di γ_{max} . Lo spostamento equivalente in direzione orizzontale in testa al modello risulta essere di 3 cm.

A seguire si riporta una vista della configurazione deformata del modello:

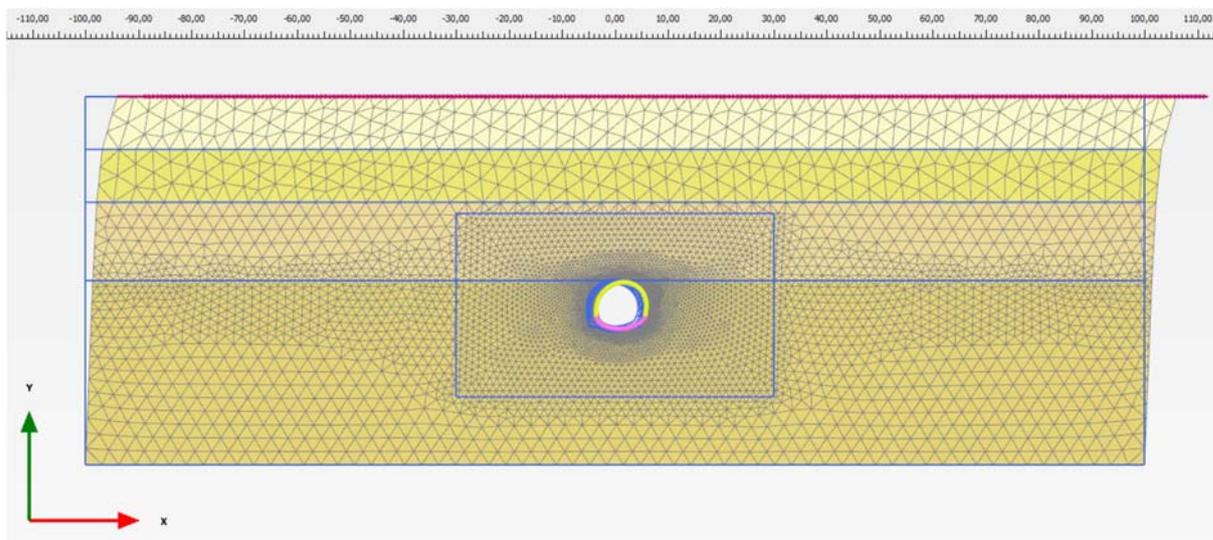


Figura 79 : Configurazione deformata del rivestimento definitivo

A seguire si riportano le cartografie degli incrementi di sollecitazione sismica, momento flettente, sforzo normale e taglio da sommare, ai fini delle verifiche di sicurezza, al regime di sollecitazione desunto in condizioni statiche:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 121 di 288

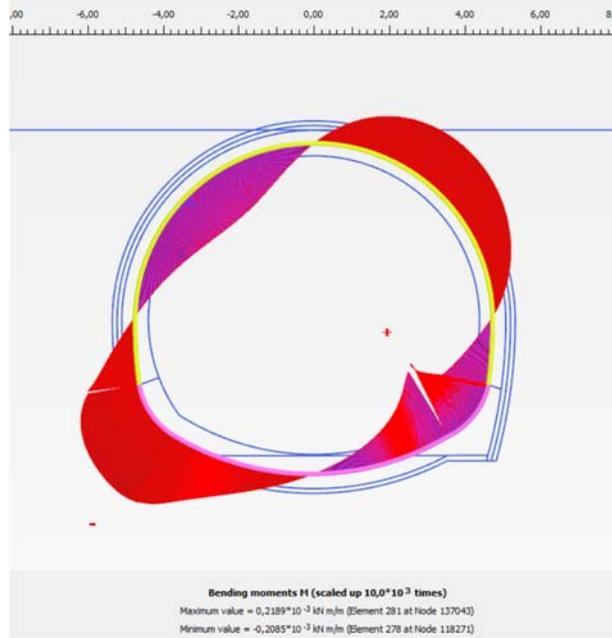


Figura 80 : Distribuzione incremento momento flettente sismico

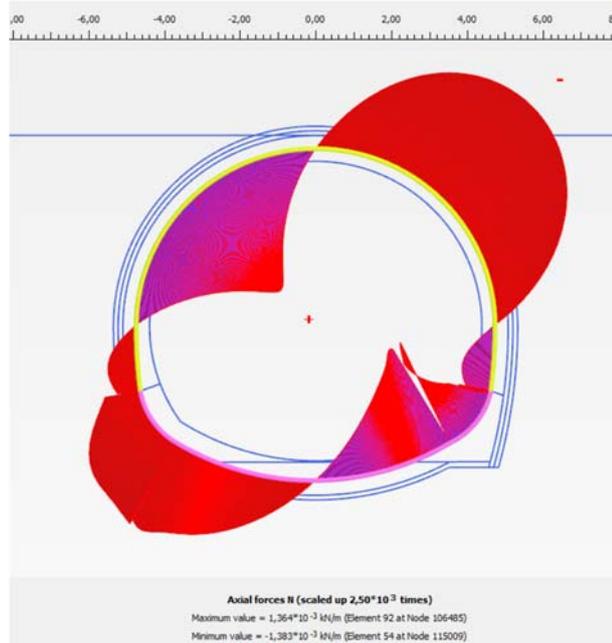


Figura 81 : Distribuzione incremento sforzo normale sismico

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 122 di 288

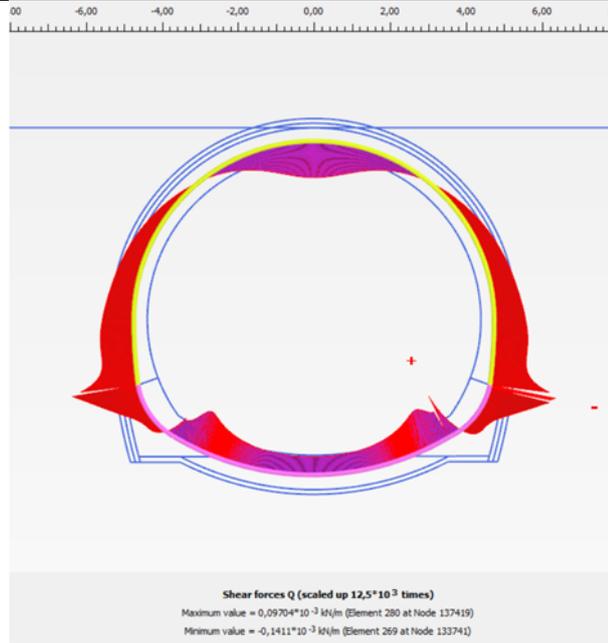


Figura 82 : Distribuzione incremento sforzo di taglio sismico

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 123 di 288

A seguire si riportano gli andamenti dei medesimi sforzi di cui sopra:

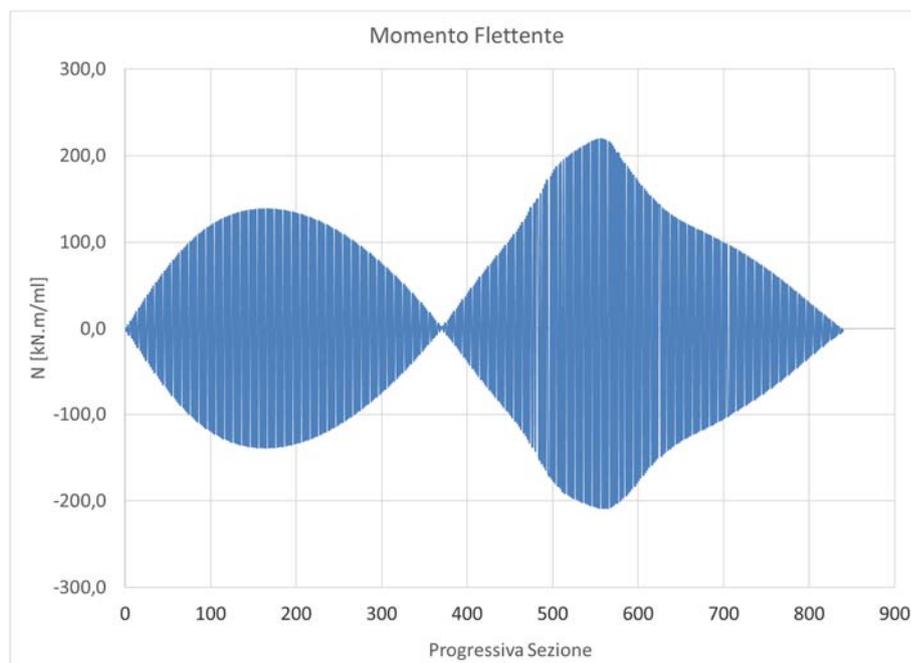


Figura 83 : Andamento incremento momento flettente sismico

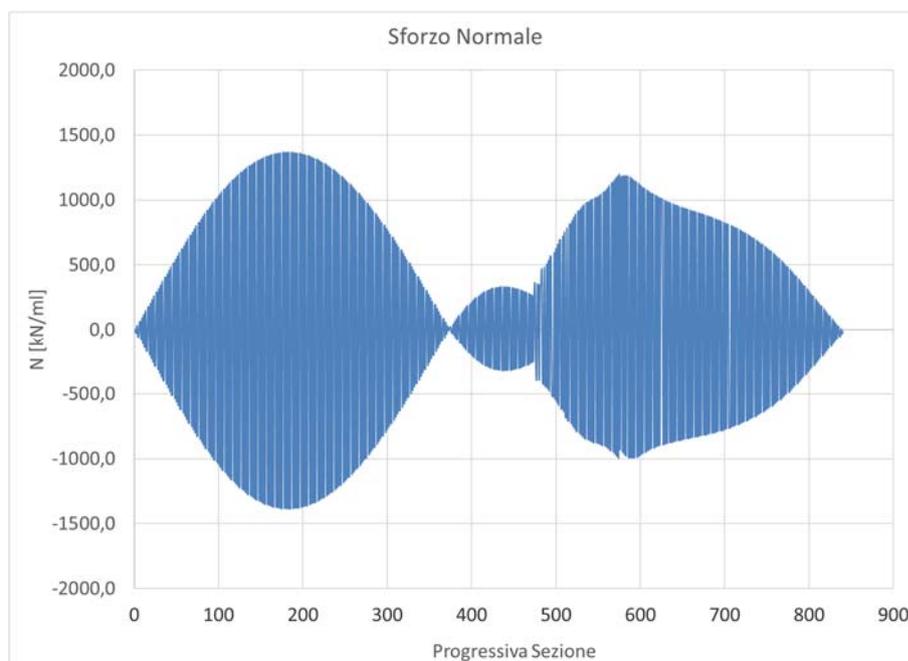


Figura 84 : Andamento incremento sforzo normale sismico

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 124 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza					

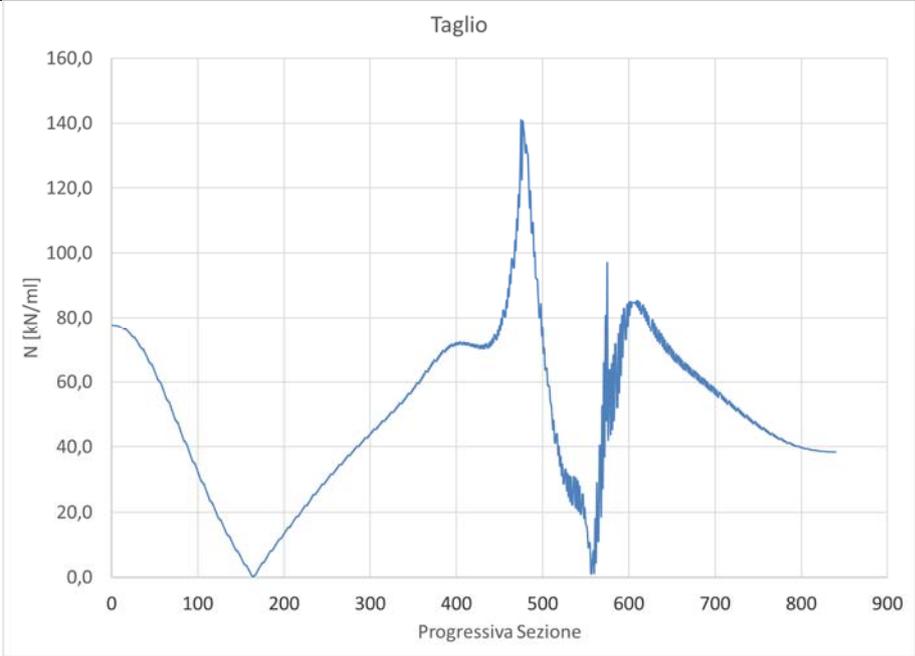


Figura 85 : Andamento incremento sforzo di taglio sismico

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 125 di 288

Verifiche SLV

Di seguito si riportano i domini di resistenza del rivestimento definitivo di calotta e arco rovescio (verifiche STR-SLV) considerando le sollecitazioni derivanti dall'analisi di interazione terreno-struttura condotta con i valori caratteristici considerando l'ultima fase di calcolo statica maggiorate degli incrementi sismici.

Si noti che vengono verificate 4 combinazioni di sollecitazioni, ottenute permutando i segni + e - agli incrementi di sforzi di cui sopra, secondo la Tabella 40 :

Tabella 40 : Definizione delle combinazioni di sollecitazione per gli incrementi sismici di sforzo assiale e momento flettente

Combinazione	Incrementi sismici considerati (valori caratteristici)
1	+ ΔN ; + ΔM ; + ΔT
2	+ ΔN ; - ΔM ; - ΔT
3	- ΔN ; + ΔM ; + ΔT
4	- ΔN ; - ΔM ; - ΔT

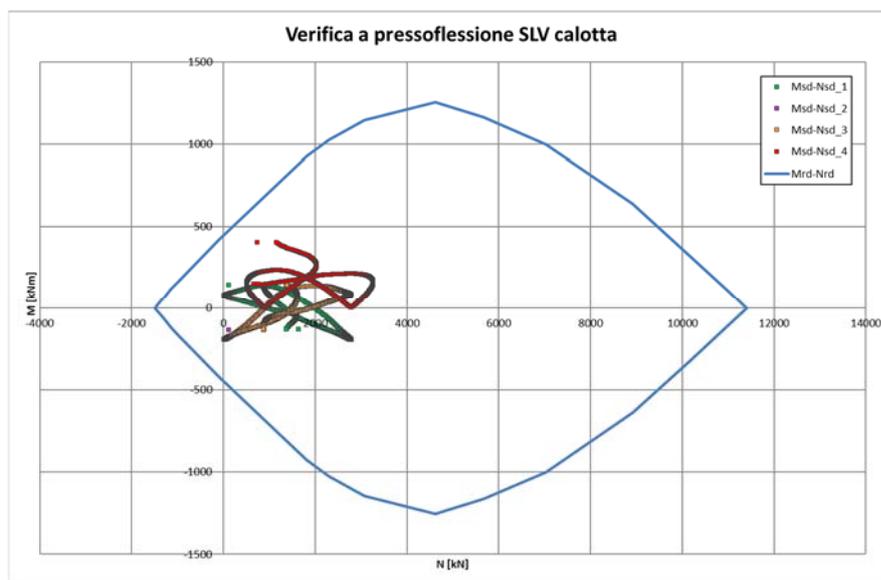


Figura 86 : Dominio di resistenza M-N con azioni agenti, calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 126 di 288

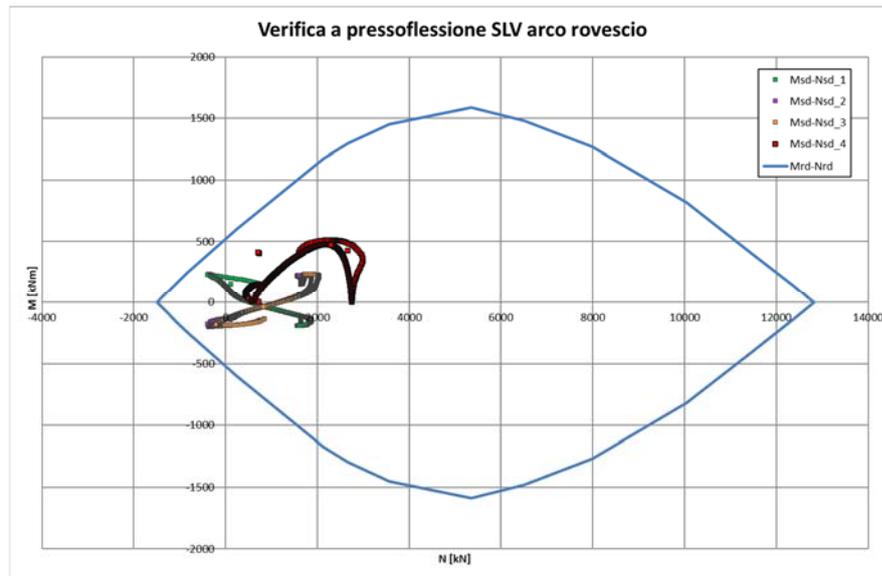


Figura 87 : Dominio di resistenza M-N con azioni agenti, arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

Come si evince dai domini sopra riportati, le sollecitazioni incrementate del contributo sismico non comportano una modifica del progetto delle armature e delle relative incidenze previsto per le condizioni statiche : sia la calotta che l'arco rovescio – in intradosso come in estradosso – sono armati con $5\phi 22/m$, con incidenze effettive rispettivamente di 43 e 37 kg/mc. Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm.

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite ; si noti che :

- Per quanto concerne il taglio resistente di progetto in assenza d'armature, quest'ultimo è tracciato in funzione della combinazione più gravosa, considerando che il valore di V_{Rd} coincide tra le combinazioni 1 e 2 (+ ΔN), così come tra le combinazioni 3 e 4 (- ΔN) in Tabella 40 ;
- Per quanto concerne il taglio sollecitante V_{Ed} , l'andamento di combinazione 1 coincide con quello di combinazione 3, così come l'andamento di combinazione 2 coincide con quello di combinazione 4.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 127 di 288

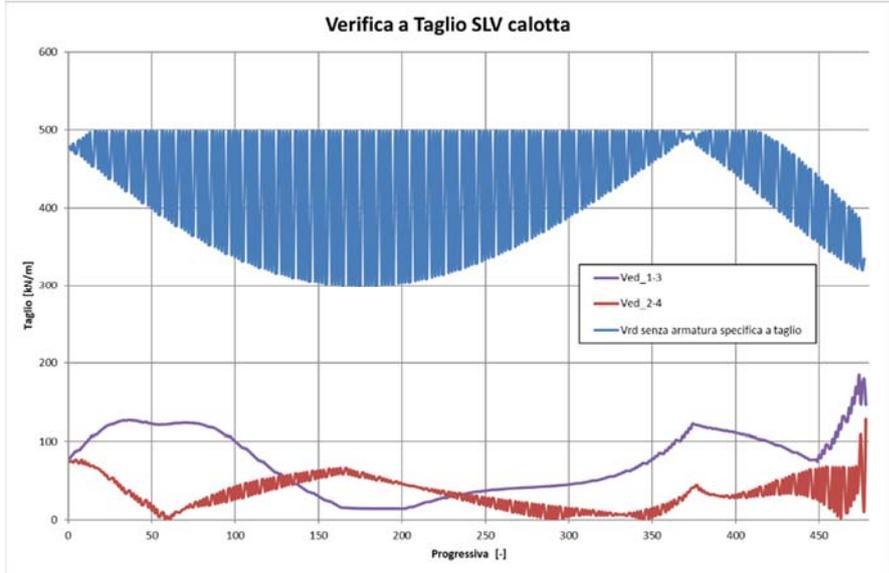


Figura 88 : Verifica a taglio SLV, calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

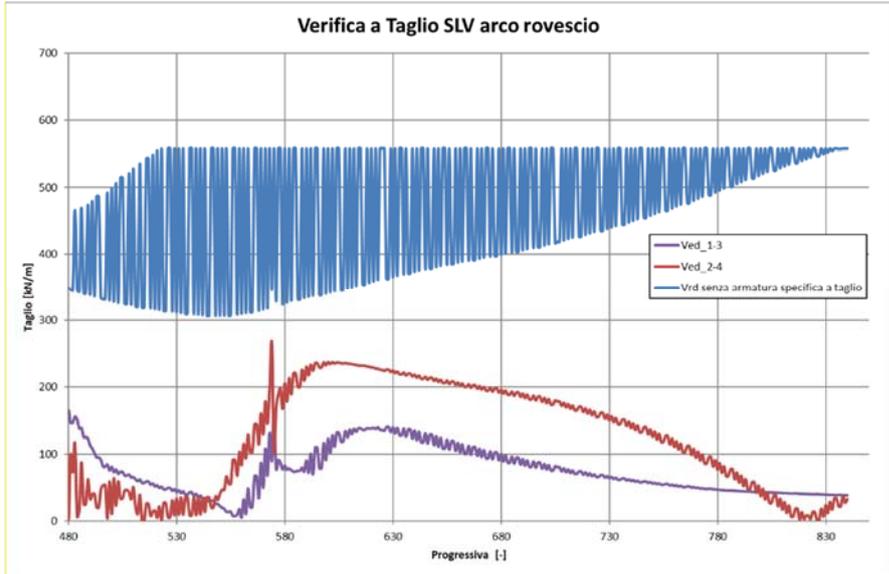


Figura 89 : Verifica a taglio SLV, arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 128 di 288

Verifiche SLD

Analogamente alle verifiche SLE del rivestimento definitivo in condizioni statiche, le verifiche SLD sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. Per quanto riguarda le azioni sismiche, le verifiche SLD vengono presentate solo in termini di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (Normativa vigente in Rif. [1]).

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche SLD condotte sul rivestimento definitivo di calotta e arco rovescio considerando le sollecitazioni derivanti dall'ultima fase di calcolo statica maggiorate degli incrementi sismici tracciati in Figura 83, Figura 84 e Figura 85. Per semplicità di rappresentazione, i grafici di seguito presentano solo la combinazione più gravosa tra quelle riportate in Tabella 40, ovvero la Combinazione 1 :

- Stato limite di Tensione

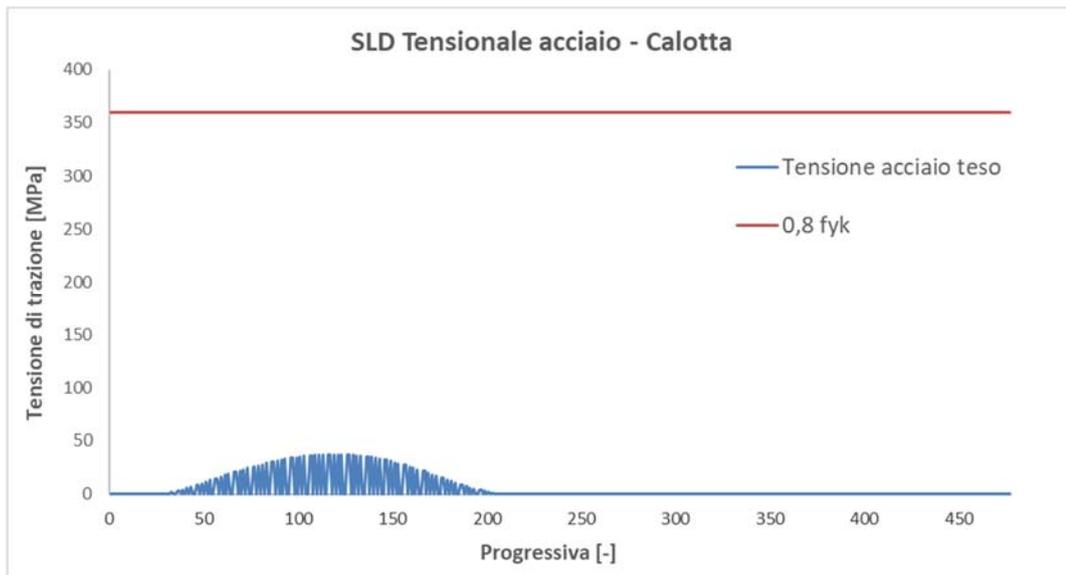


Figura 90 : Verifica SLD Tensionale acciaio (Combinazione 1) - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

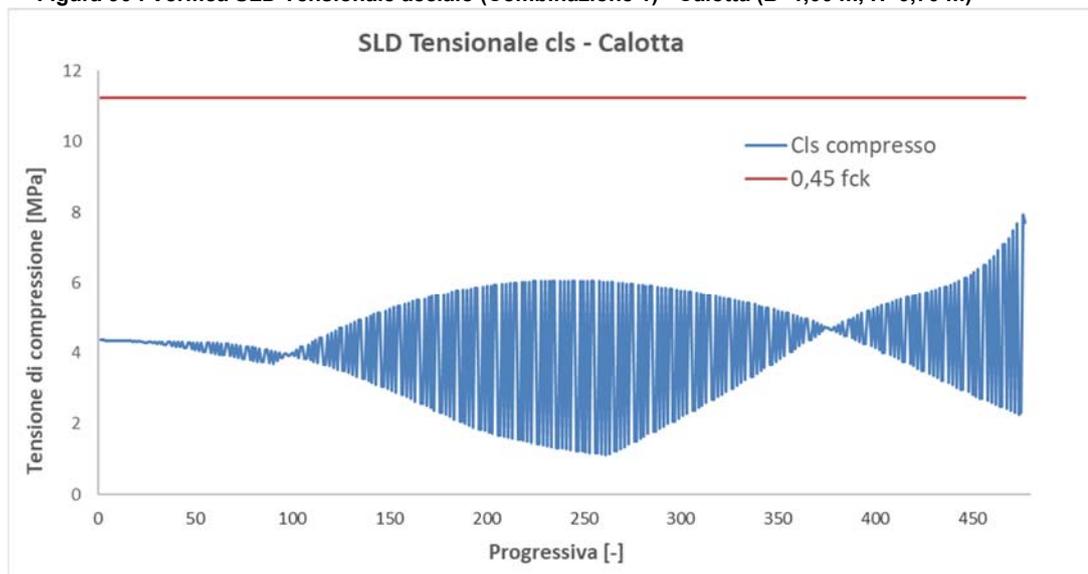


Figura 91 : Verifica SLD Tensionale calcestruzzo (Combinazione 1) - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 129 di 288

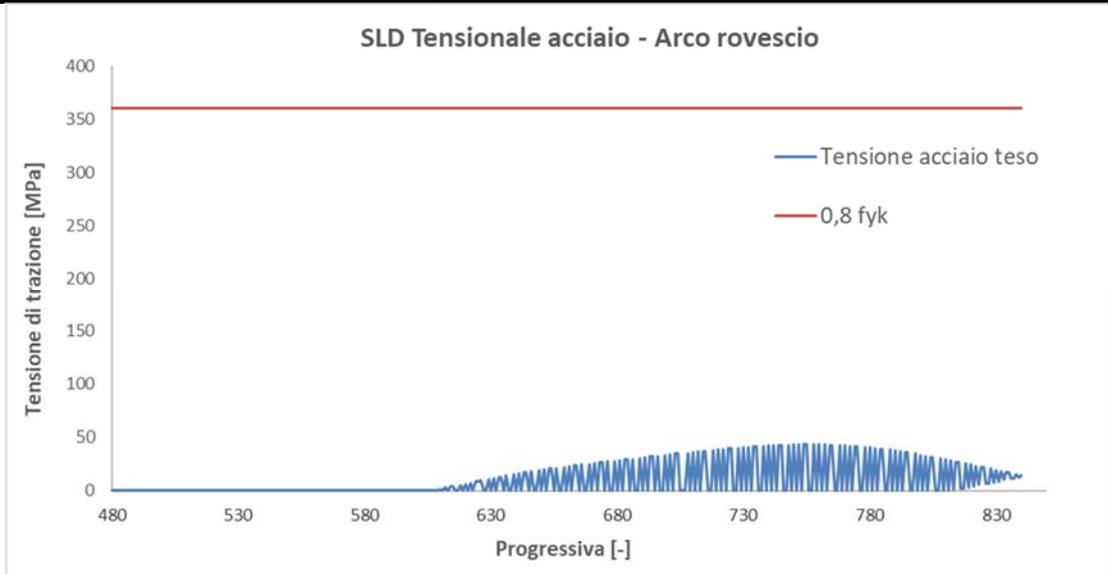


Figura 92 : Verifica SLD Tensionale acciaio (Combinazione 1) – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

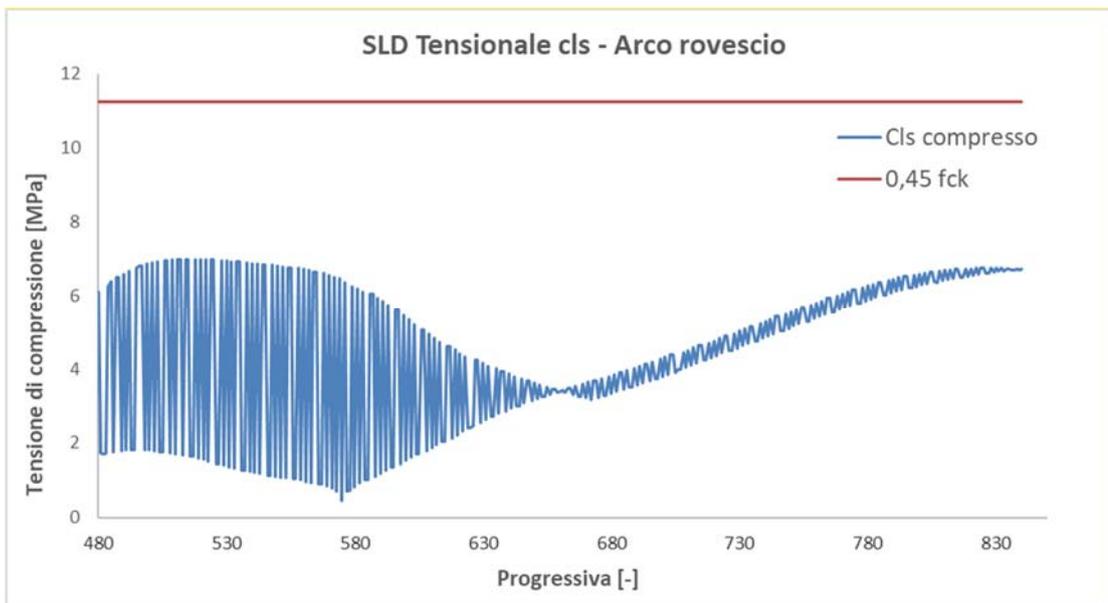


Figura 93 : Verifica SLD Tensionale calcestruzzo (Combinazione 1) – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 130 di 288

Analisi sismiche pseudo-statiche in direzione longitudinale (SLV)

Le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) in direzione longitudinale sono state condotte determinando la deformazione indotta dall'azione sismica sui rivestimenti definitivi mediante soluzioni analitiche in forma chiusa. Nello specifico, per la determinazione della deformazione totale in direzione longitudinale si è fatto riferimento sia alla formulazione di Newmark che alla formulazione di Power. Si riportano di seguito i dati di input e i risultati delle verifiche condotte :

Analisi n.1: Sezione B2		
Definizione azione sismica		
M_w = magnitudo	6,5	(-)
D = distanza epicentrale	20	(km)
a_{max} = accelerazione massima al suolo (PGA)	0,3844	(g)
h = profondità della galleria	35,00	(m)
Coefficiente correttivo di a_{max} alla profondità della galleria	0,70	(-)
a = accelerazione massima di picco alla profondità della galleria	0,26908	(g)
Rapporto fra la velocità massima al suolo (cm/s) e l'accelerazione massima in (g)	94	(cm/s/g)
V_s = velocità massima al suolo (PGV)	0,2529352	(m/s)
Parametri geotecnici		
Peso dell'unità di volume del terreno	2200	(kg/m ³)
Modulo elastico del terreno	2911	(MPa)
Coefficiente di Poisson	0,35	(-)
Modulo di taglio a piccolissime deformazioni	1078000	(kPa)
Velocità onde di taglio	700	(m/s)
Massima distorsione di taglio	0,000361	(-)
Diametro equivalente	9,22	(m)
Risposta in direzione longitudinale - Risultati		
$\epsilon_{max}^a = V_s/2/C_s$	0,00018	(-)
$\epsilon_{max}^b = r^* a_s/C_s$	0,00002	(-)
$\epsilon_{max}^{ab} = \epsilon_{max}^a + \epsilon_{max}^b$ (Condizioni free-field)	0,00021	(-)
$\epsilon_{ammissibile}^{ab}$	0,00350	(-)
Verifica $\epsilon_{max}^{ab} < \epsilon_{ammissibile}^{ab}$	OK	

Tabella 41 : Verifica SLV in direzione longitudinale

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 131 di 288

Analisi sismiche pseudo-statiche in direzione longitudinale (SLD)

Le verifiche allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLD) in direzione longitudinale sono state condotte determinando la deformazione indotta dall'azione sismica sui rivestimenti definitivi mediante soluzioni analitiche in forma chiusa. Nello specifico, per la determinazione della deformazione totale in direzione longitudinale si è fatto riferimento sia alla formulazione di Newmark che alla formulazione di Power. Si riportano di seguito i dati di input e i risultati delle verifiche condotte :

Analisi n.1: Sezione B2		
Definizione azione sismica		
M_w = magnitudo	6,5	(-)
D = distanza epicentrale	20	(km)
a_{max} = accelerazione massima al suolo (PGA)	0,1452	(g)
h = profondità della galleria	35,00	(m)
Coefficiente correttivo di a_{max} alla profondità della galleria	0,70	(-)
a = accelerazione massima di picco alla profondità della galleria	0,2387	(g)
Rapporto fra la velocità massima al suolo (cm/s) e l'accelerazione massima in (g)	94	(cm/s/g)
V_s = velocità massima al suolo (PGV)	0,157542	(m/s)
Parametri geotecnici		
Peso dell'unità di volume del terreno	2200	(kg/m ³)
Modulo elastico del terreno	2911	(MPa)
Coefficiente di Poisson	0,35	(-)
Modulo di taglio a piccolissime deformazioni	1078000	(kPa)
Velocità onde di taglio	700	(m/s)
Massima distorsione di taglio	0,000158	(-)
Diametro equivalente	9,22	(m)
Risposta in direzione longitudinale - Risultati		
$\epsilon_{max}^a = V_s / 2 / C_s$	0,00008	(-)
$\epsilon_{max}^b = r^* a_s / C_s$	0,00001	(-)
$\epsilon_{max}^{ab} = \epsilon_{max}^a + \epsilon_{max}^b$ (Condizioni free-field)	0,00009	(-)
σ_{max}	6,458	(N/mm ²)
σ_{lim}	15	(N/mm ²)
Verifica $\sigma_{max} < \sigma_{lim}$	OK	(-)

Tabella 42 : Verifica SLD in direzione longitudinale

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 132 di 288

A seguire si riporta l'incidenza delle armature necessario al soddisfacimento delle verifiche di sicurezza:

SPESSORE	0,7	CALOTTA					
V _{cls} (m ³)	0,7	passo ripartitori	0,4	m			
γ _{acc} (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,33	m			
B2							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	22	2,984	1	10	1,1	32,8	
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6	
armatura spille	12	0,888	0,6	7,58	1,1	4,4	
						TOT fless	39,5
						TOT shear	4,4

INCIDENZA= P _{tot} /V (kg/m ³)	60,00
INCIDENZA= P _{tot} /V (kg/m ³)	10,00
INCIDENZA,TOT= P _{tot} /V (kg/m ³)	70,00

SPESSORE	0,8	ARCO ROVESCIO					
V _{cls} (m ³)	0,8	passo ripartitori	0,4	m			
γ _{acc} (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,33	m			
B2							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	22	2,984	1	10	1,1	32,8	
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6	
armatura spille	12	0,888	0,7	7,58	1,1	5,2	
						TOT fless	39,5
						TOT shear	5,2

INCIDENZA= P _{tot} /V (kg/m ³)	50,00
INCIDENZA= P _{tot} /V (kg/m ³)	10,00
INCIDENZA,TOT= P _{tot} /V (kg/m ³)	60,00

Tabella 43 : Incidenza armatura sezione B2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 133 di 288

7.4.6 Analisi n. 2 Sezione B2 – (Pk. 0+250) – Discenderia F1, copertura = 50 m

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della prima parte della galleria d'accesso/uscita della finestra F1, fino al Pk 0+250 e una copertura massima di 50 m. Questa tratta sarà realizzata con una sezione di tipo B2.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 94).

Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica iniziale precedente allo scavo.

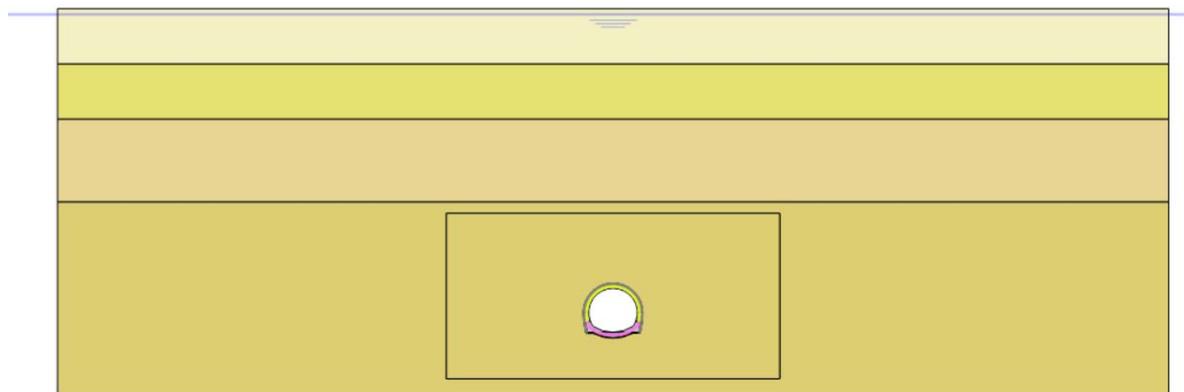


Figura 94: Modello geotecnico della sezione B2

La Tabella 44 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 44 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 134 di 288

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 200 m ed un'altezza complessiva di 70 m (Figura 95); i bordi sono stati collocati in modo da garantire una distanza sufficiente, relativamente alla copertura elevata. Inoltre, la loro distanza dalla galleria ($>3D$ con $D =$ diametro della galleria), assicura che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

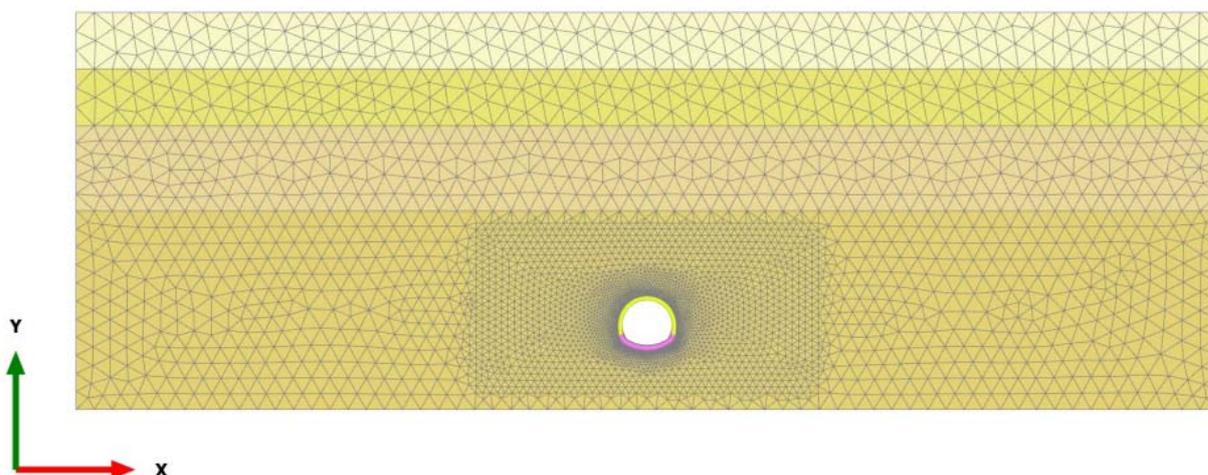


Figura 95: Modello di calcolo, sezione B2 - Geometria mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB180 e spritz-betòn di spessore 25 cm, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 45 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,25
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e le reni è stato considerato uno spessore pari a 0,7 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,1 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta spessore di 0,8 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 135 di 288

Fasi e percentuali di rilascio a 50 m

Rispetto alle sezioni le cui analisi sono presentate successivamente, la B2 è l'unica sottoposta a coperture significativamente minori, per cui il modello 3D per la curva cedimenti in calotta al §0 non può essere adottato in tal caso.

Per la geometria di scavo della B2, si riporta di seguito la curva cedimenti – spostamento rispetto al fronte, con una copertura di 50 m e i parametri geotecnici di Tabella 32, secondo la soluzione di Panet.

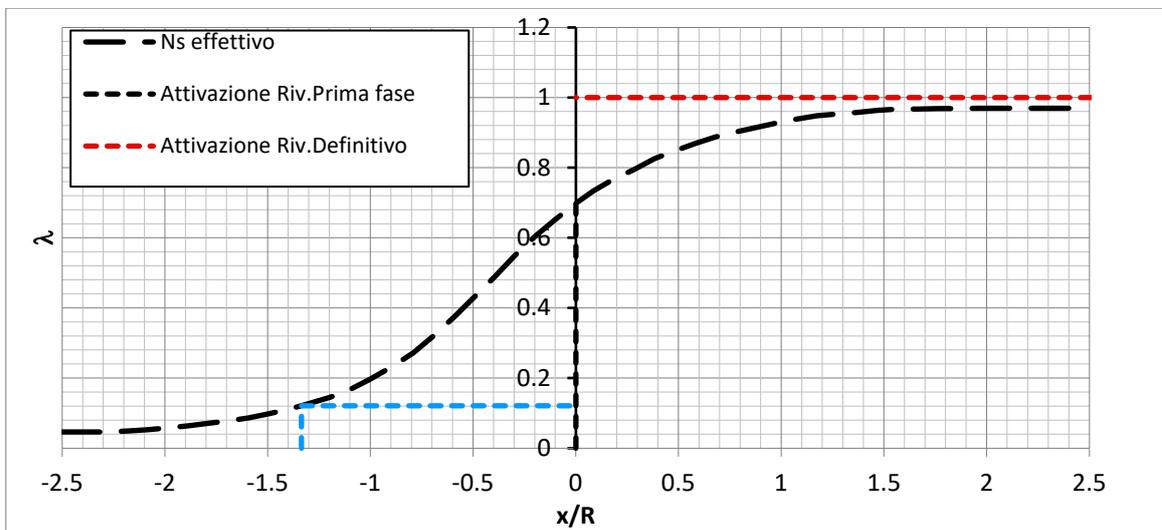


Figura 96 : Curva cedimenti-spostamento, sezione B2 – Soluzione di Panet per una copertura di 50 m

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo. La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte ("rilascio forze di scavo").

Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio elencate nella Tabella 46.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 136 di 288

Tabella 46 : Sintesi dei tassi di rilascio al cavo per H =50 m (Panet), rispetto alle stesse fasi per alte coperture da modello 3D

Fase	Relax da Panet per H = 50 m	Tassi di rilascio da 3D a coperture massime (H 150 - 200m)
<i>Pre-convergenza</i>	12 %	30 %
<i>Apertura cavo</i>	69 %	70 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 1m dalla sezione di calcolo</i>	79 %	73 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 2m dalla sezione di calcolo</i>	82,5 %	80 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 10 m dalla sezione di calcolo</i>	96,7 %	98 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 28 m dalla sezione di calcolo</i>	100 %	100 %
<i>Getto arco rovescio e murette</i>	100 %	100 %
<i>Getto rivestimento definitivo di calotta</i>	100 %	100 %
<i>Fase di consolidazione</i>	100%	100%

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 137 di 288

Tabella 47 : Analisi 2, sezione B2 – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello	-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elastoplastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 7 m)	0,12
3	Apertura del cavo	0,69
4	Installazione del rivestimento di prima fase	0,79
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,79
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,825
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,967
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette.	1,00
10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 138 di 288

LUNGO TERMINE			
11	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase.	1,00
12	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre e ripristino della condizione idraulica preesistente allo scavo e costruzione della galleria, ovvero falda a -1m dal p.c ed in condizioni idrostatiche.	1,00

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.2 – sezione B2. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 7 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 2.1 mm in calotta e 1.1 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 1,7 mm. In questa fase si sviluppa una debole plasticizzazione lungo l'interno contorno della calotta e dei piedritti, mentre solo parzialmente al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 18.8 mm in calotta e 7.7 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 13.6 mm. In questa fase si osserva un'ulteriore diffusione della plasticizzazione al contorno del profilo di scavo (ordine metrico).

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 25.1 mm mentre in arco rovescio è di circa 9.7 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 18 mm come valore massimo. In questa fase si sviluppa un'ulteriore diffusione della plasticizzazione al contorno del profilo di scavo, in particolare al di sopra della calotta.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente (con oscillazioni dell'ordine del mm). In questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni al di sopra della calotta.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 139 di 288

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Similmente alla fase precedente, in questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni al di sopra della calotta.

FASE 7

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Si osserva un'ulteriore riduzione delle plasticizzazioni al di sopra della calotta ed un leggero ingremento delle plasticizzazioni lungo i piedritti e al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Si osserva un'ulteriore riduzione delle plasticizzazioni al di sopra della calotta.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una riduzione delle plasticizzazioni, sostanzialmente al di sopra della calotta e al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Si osserva un leggero incremento delle plasticizzazioni al di sopra della calotta

FASE 11

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. La zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata. In questa fase, si assiste ad un leggero incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

Fase 12

In fase si simula il fenomeno della consolidazione e conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre insorte durante il processo di scavo e costruzione della galleria. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 140 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidzze assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

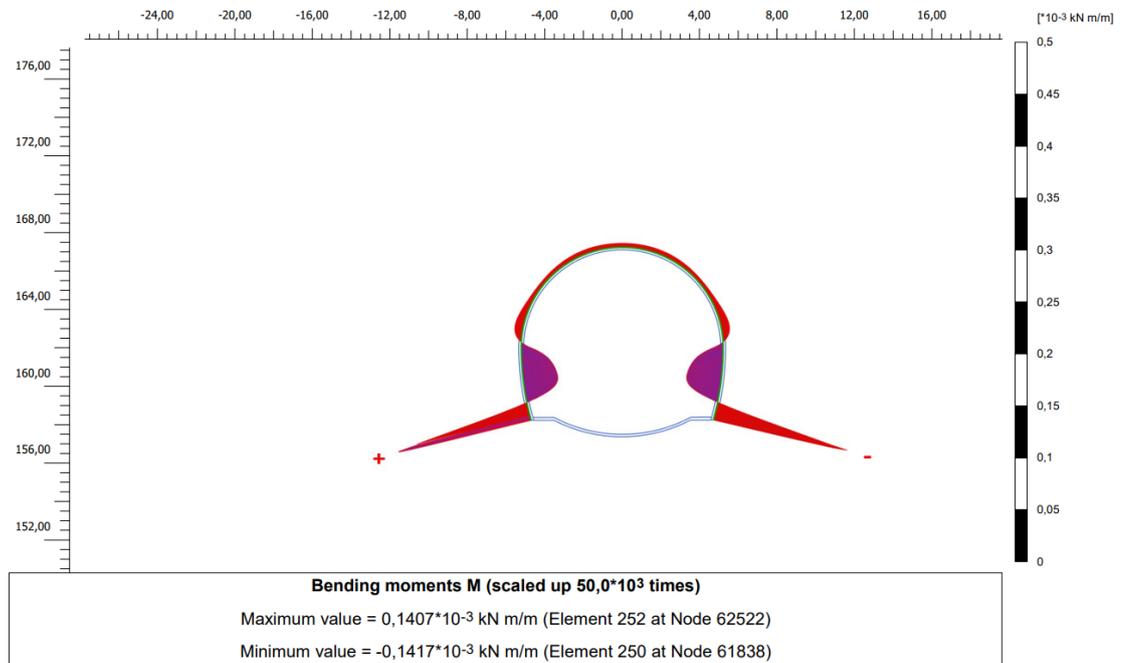


Figura 97 : andamento momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 141 di 288

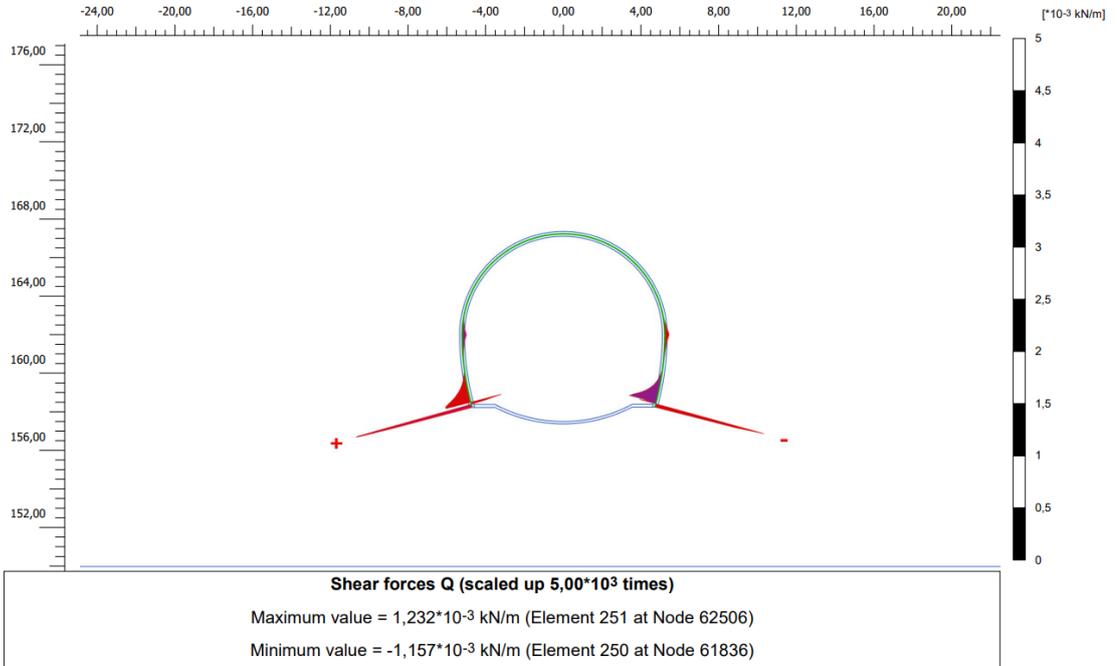


Figura 98 : andamento taglio (fase 8)

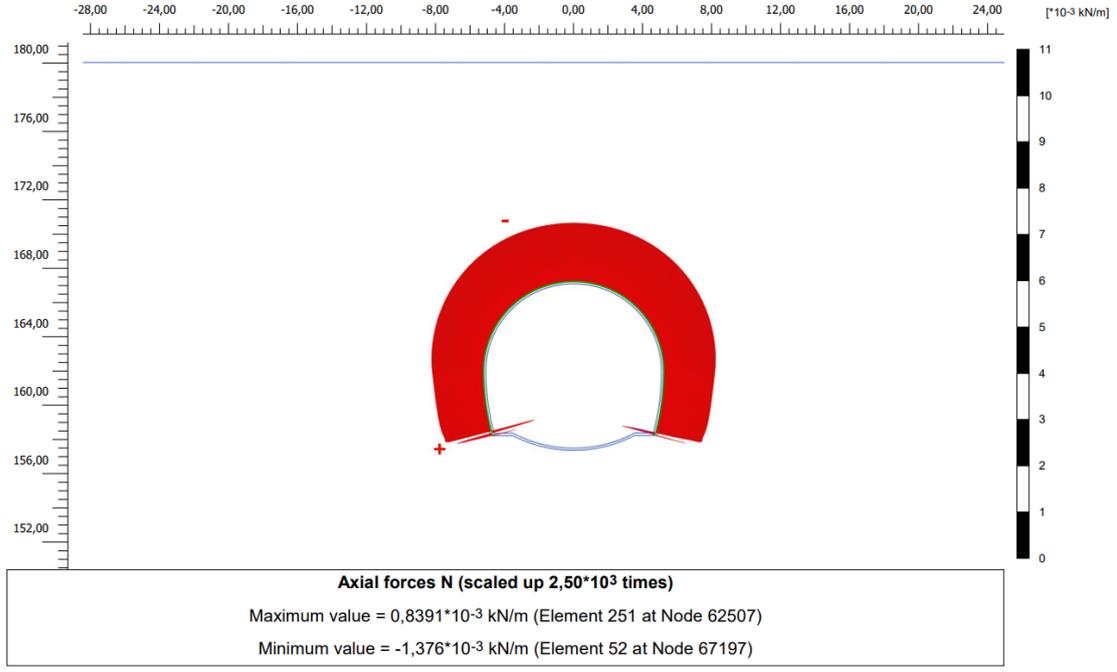


Figura 99 : andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 142 di 288

Si noti che i valori di picco al piede delle centine sono dovuti a singolarità numeriche le quali non rientrano nelle verifiche SLU di dimensionamento. Inoltre, le centine al piede sono dotate di appoggi di rinforzo per un'altezza di circa 50 cm.

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica:

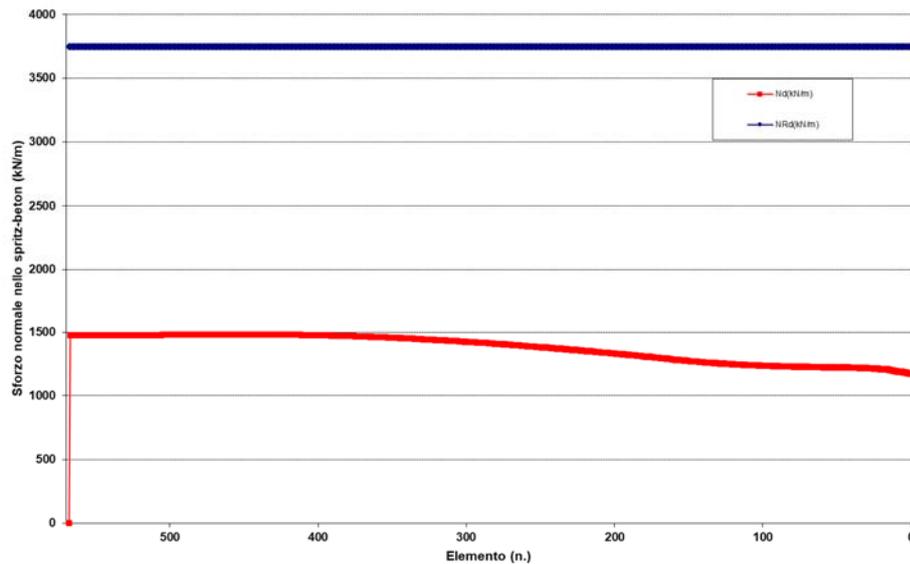


Figura 100 : verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 25 cm – fase 8

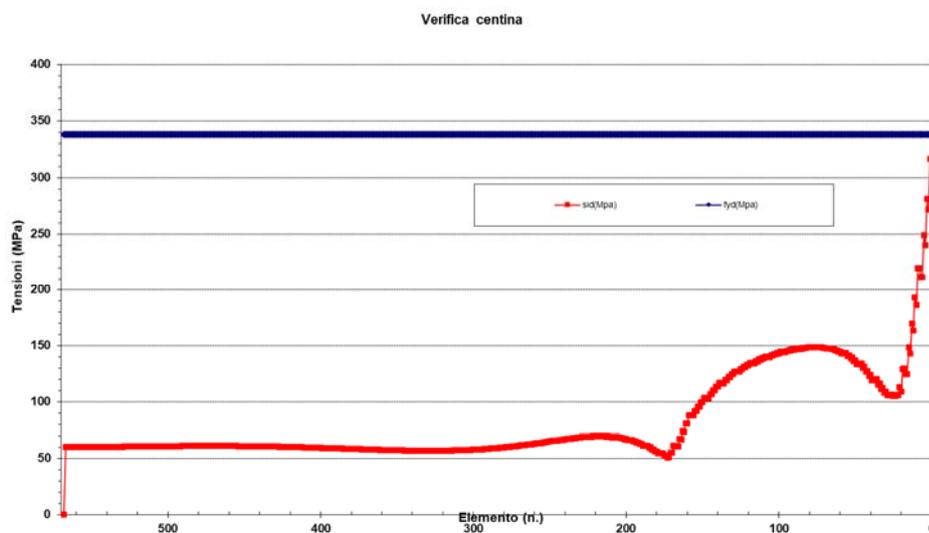


Figura 101: Verifica SLU centina HEB180 – fase 8

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 143 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

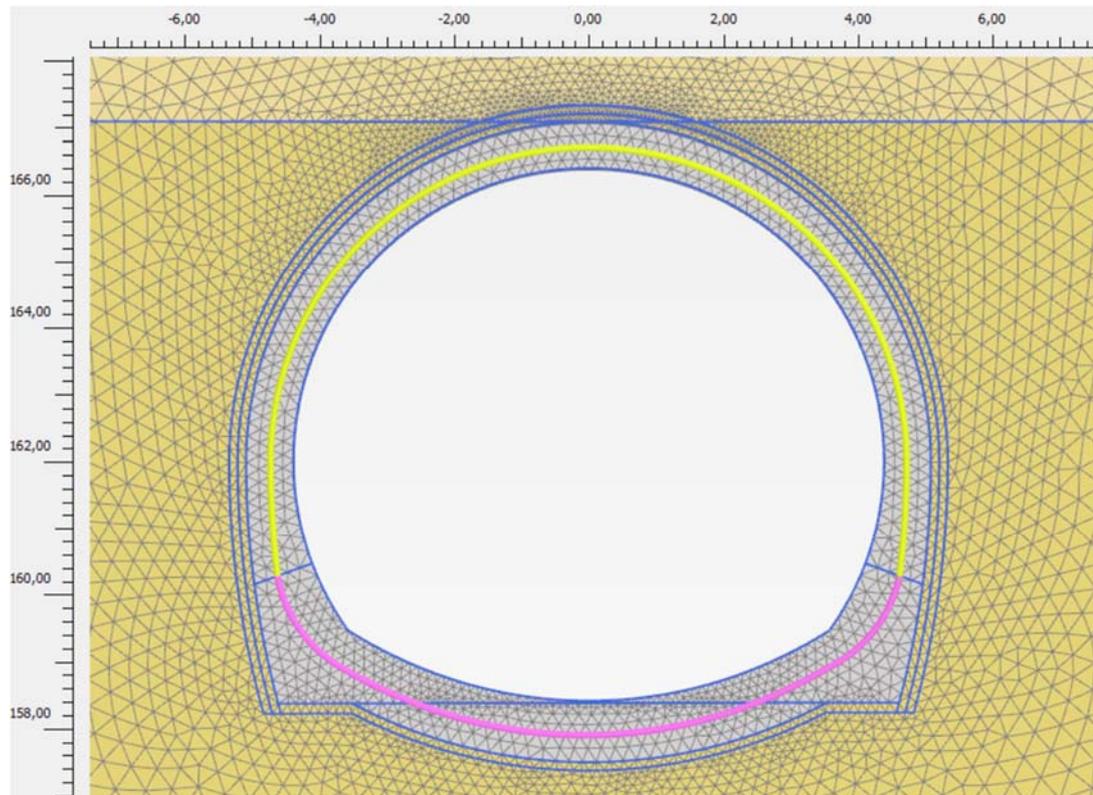


Figura 102 : Rivestimento definitivo

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

Sia la calotta che l'arco rovescio – in intradosso come in estradosso – sono armati con $5\phi 22/m$.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm e un calcestruzzo di classe C25/30.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 144 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No.12 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

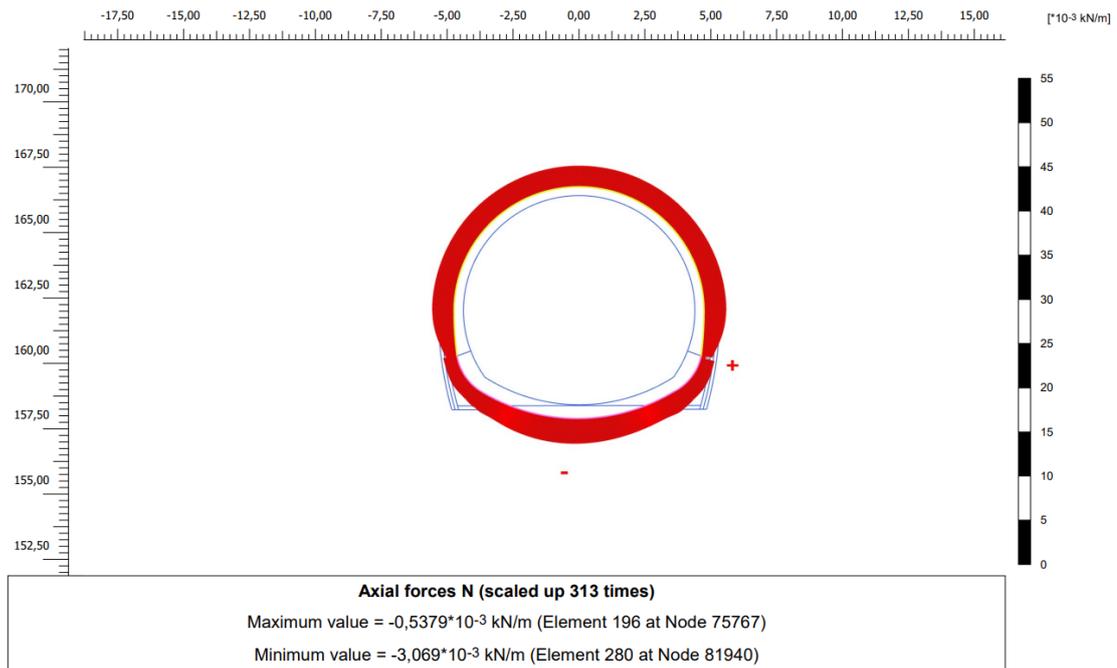


Figura 103 : Andamento sforzo normale- fase 12

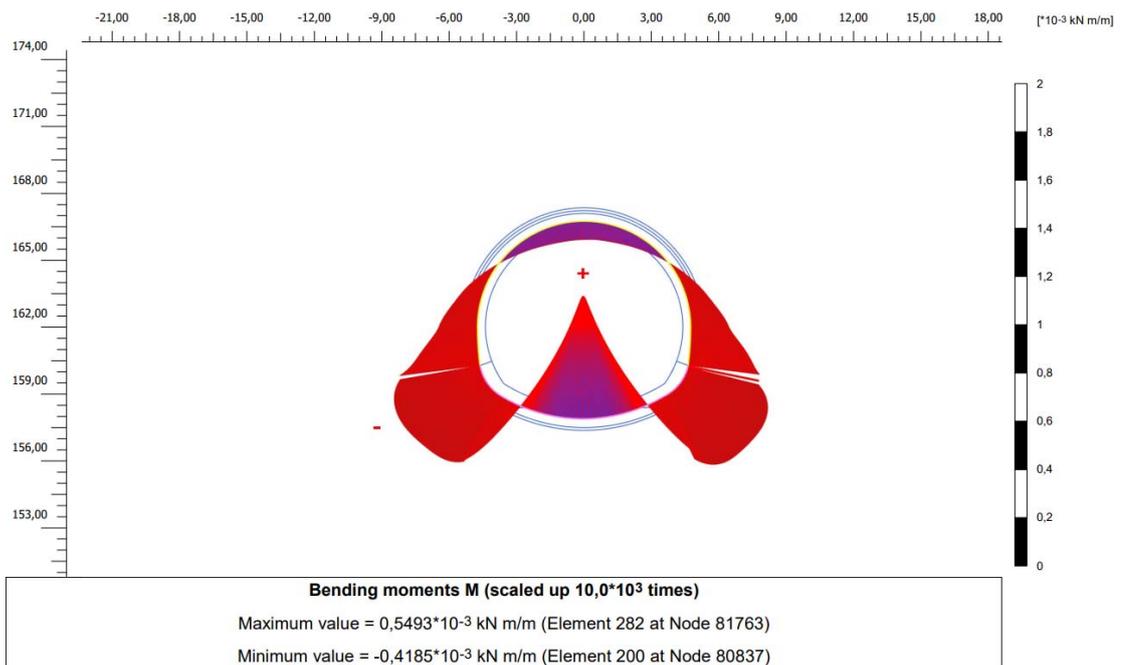


Figura 104 : Andamento momento flettente-fase 12

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 145 di 288

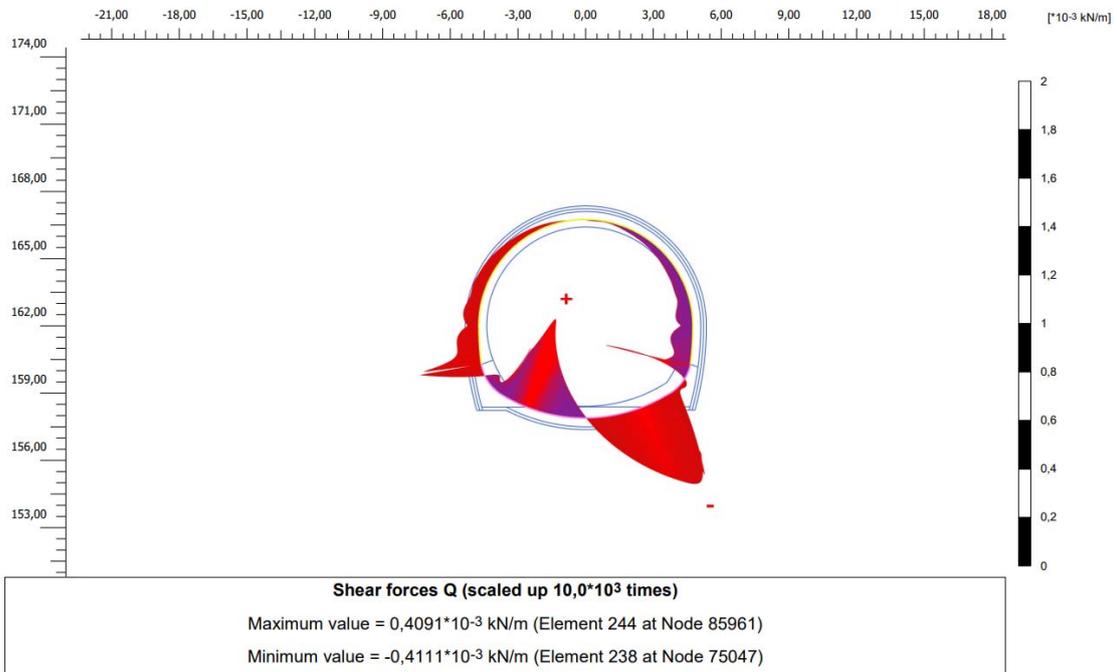


Figura 105 : Andamento taglio-fase 12

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 146 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU):

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3311,9	107,1	SLU	1000	627	5f22 5f22	827,6	OK
210	CA-SX-M(max)	B	-3371,4	8,8	SLU	1000	627	5f22 5f22	836,4	OK
211	CA-DX-M(max)	C	-3338,4	12,9	SLU	1000	627	5f22 5f22	831,6	OK
88	CA-SX-Q(max)	D	-3337,5	92,0	SLU	1000	627	5f22 5f22	831,4	OK
89	CA-DX-Q(max)	E	-3320,6	98,0	SLU	1000	627	5f22 5f22	828,9	OK
840	Mezz-AR	F	-3973,7	112,3	SLU	1000	727	5f22 5f22	1112,1	OK

Tabella 48 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3311,9	3,4	SLU	1000	627	555,0	OK
210	CA-SX-M(max)	B	-3371,4	50,2	SLU	1000	627	555,0	OK
211	CA-DX-M(max)	C	-3338,4	54,1	SLU	1000	627	555,0	OK
88	CA-SX-Q(max)	D	-3337,5	18,4	SLU	1000	627	555,0	OK
89	CA-DX-Q(max)	E	-3320,6	17,3	SLU	1000	627	555,0	OK
840	Mezz-AR	F	-3973,7	11,5	SLU	1000	727	633,1	OK

Tabella 49 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 147 di 288

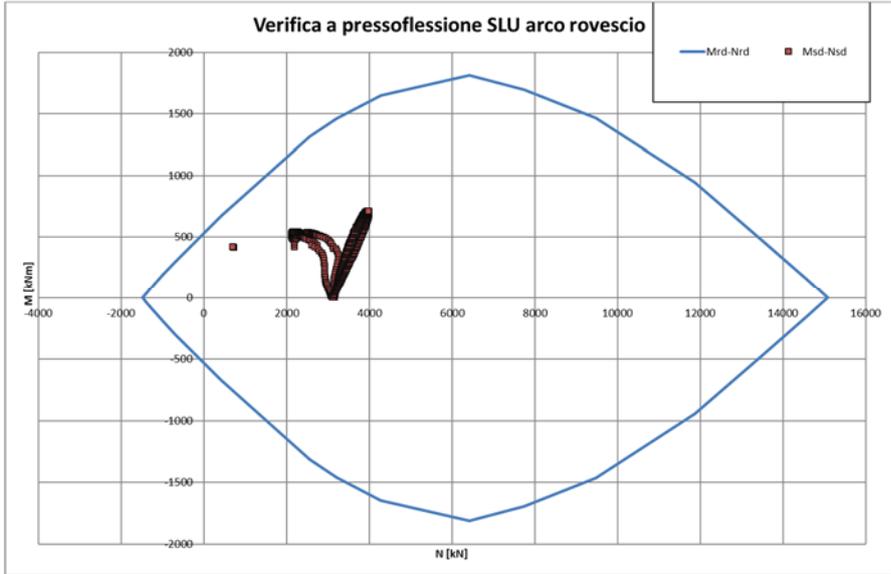


Figura 106 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

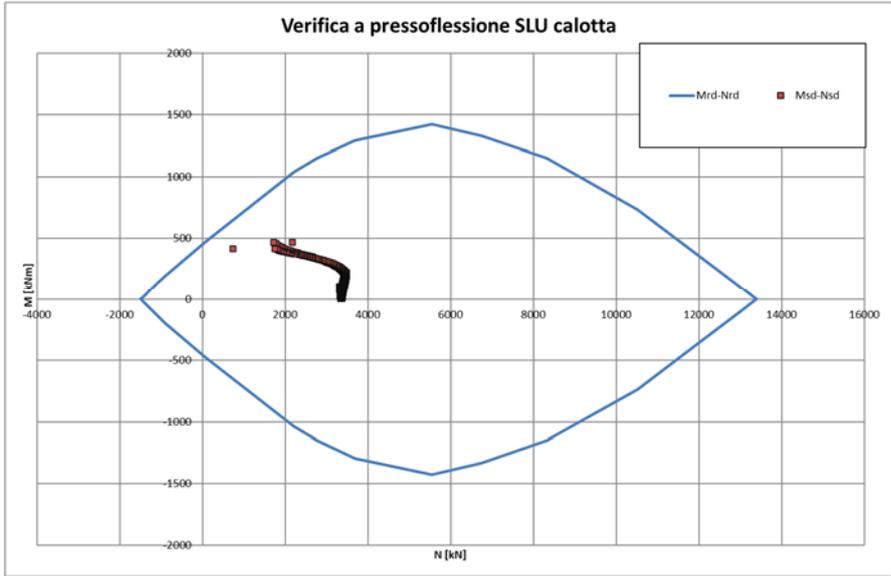


Figura 107 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 148 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

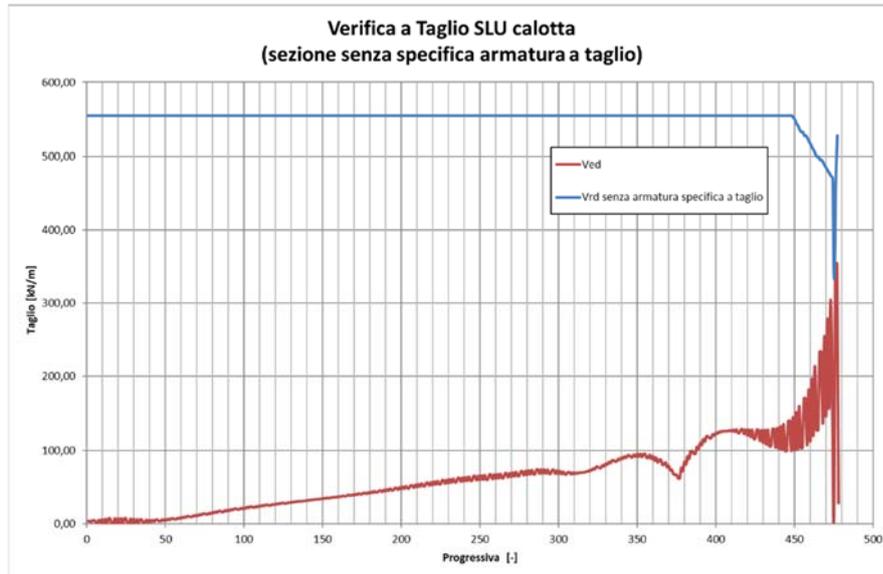


Figura 108 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

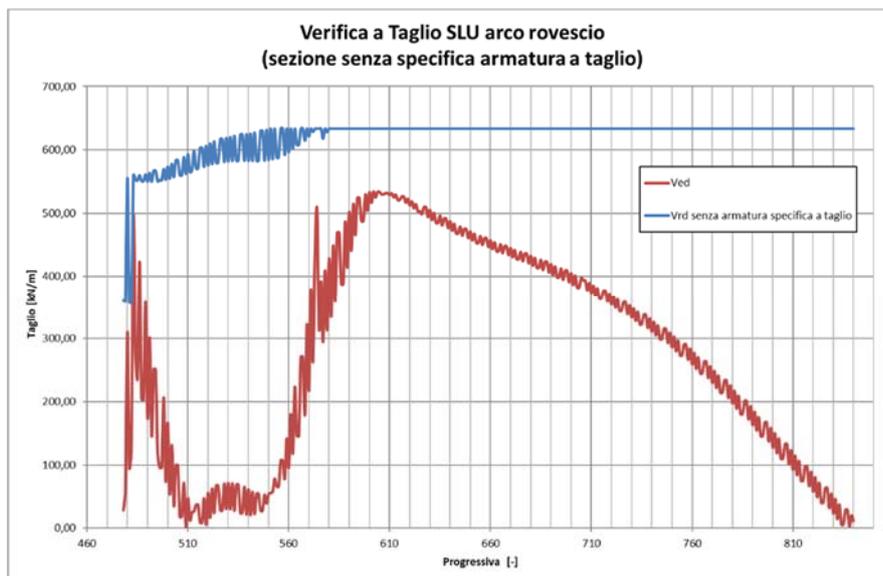


Figura 109 : Verifica a Taglio SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

Sebbene i rivestimenti definitivi non necessitino di armatura a taglio, si predispone ugualmente l'inserimento di un minimo di specifica armatura a taglio costituita da spille $\phi 12$ 3br/40cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 149 di 288

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine.

- Stato Limite di Fessurazione

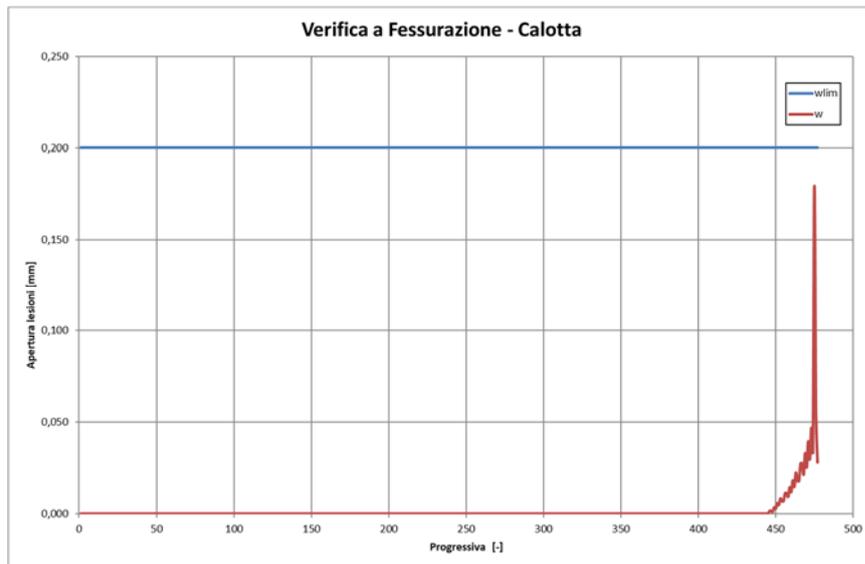


Figura 110 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

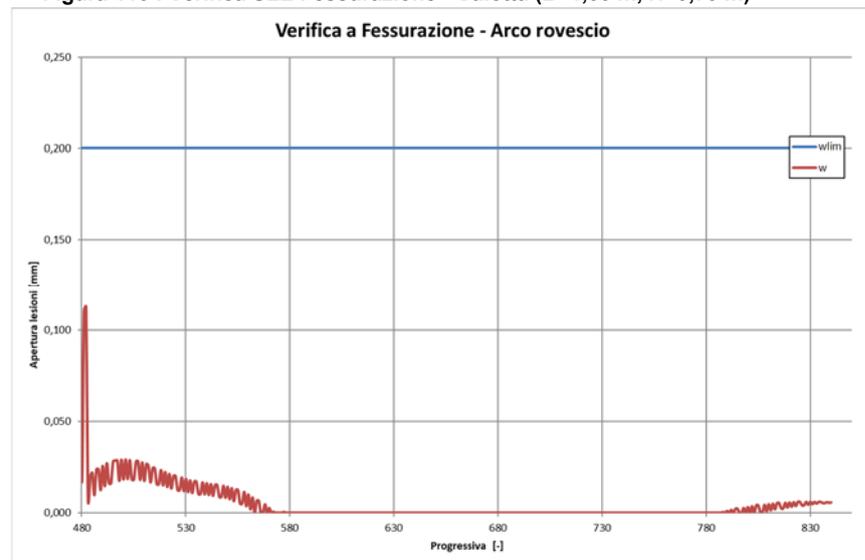


Figura 111 : Verifica SLE Fessurazione – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 150 di 288

- Stato limite di Tensione

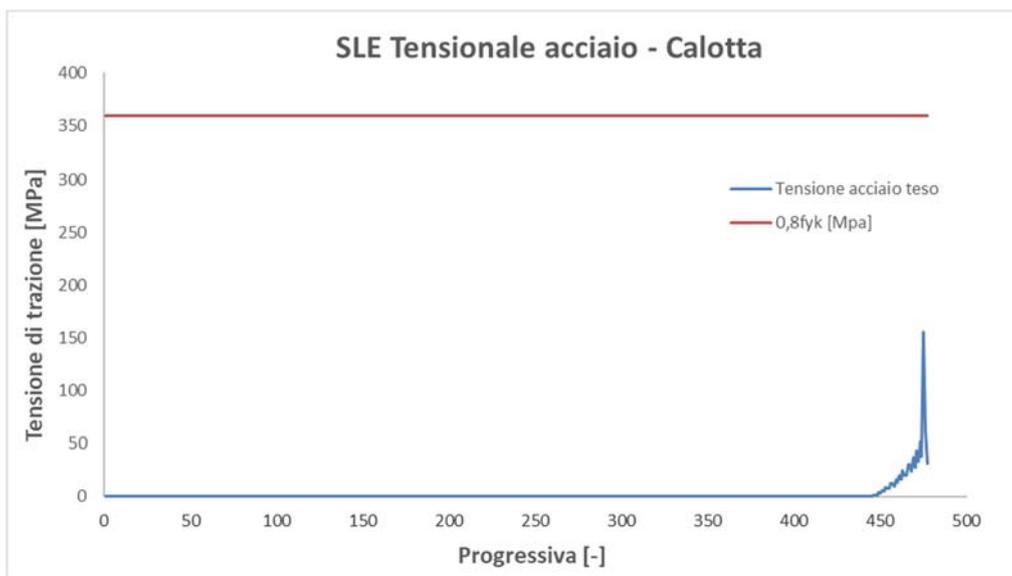


Figura 112 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

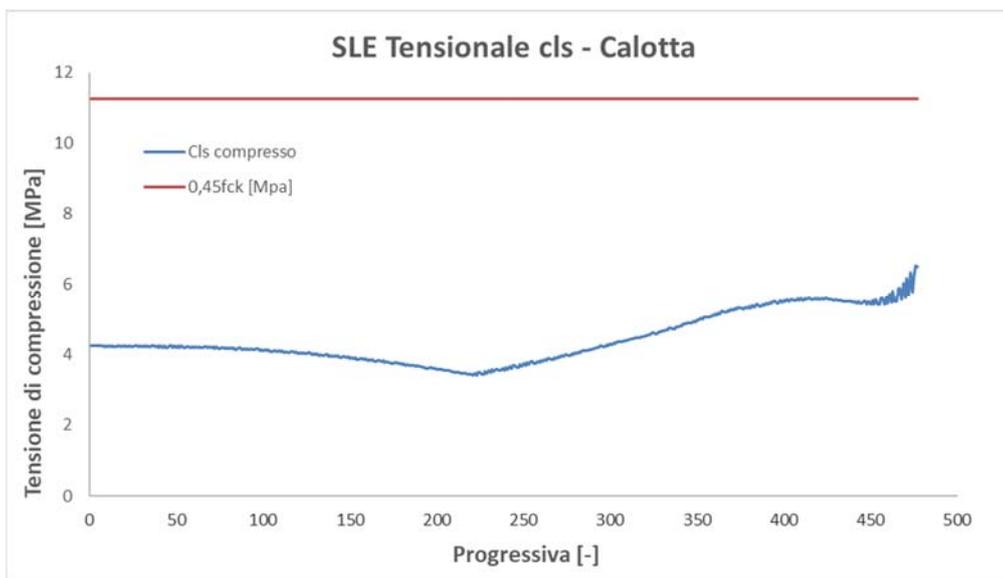


Figura 113 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo - Calotta (B=1,00 m, H=0,70 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 151 di 288

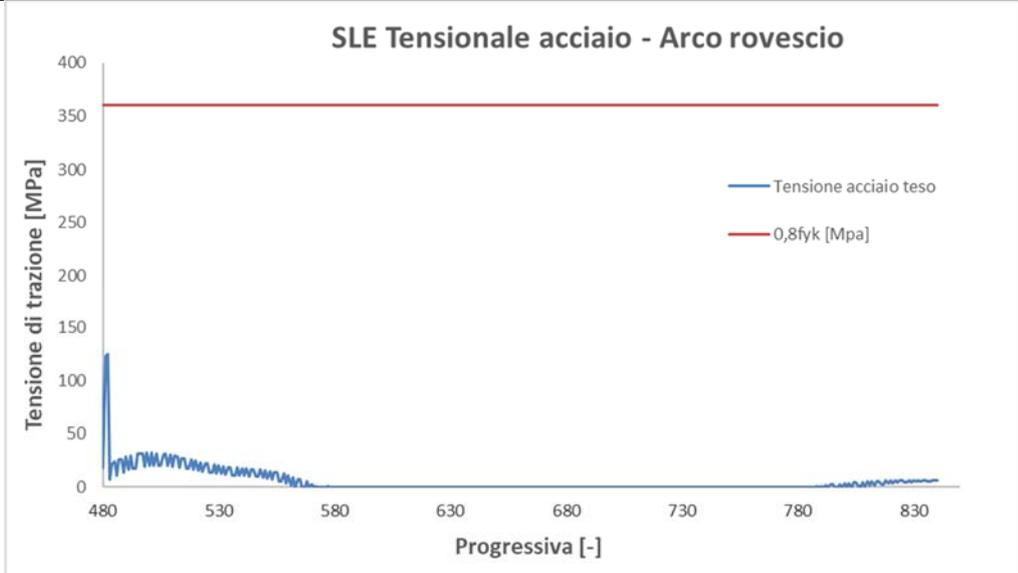


Figura 114 : Verifica SLE Tensionale acciaio– Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

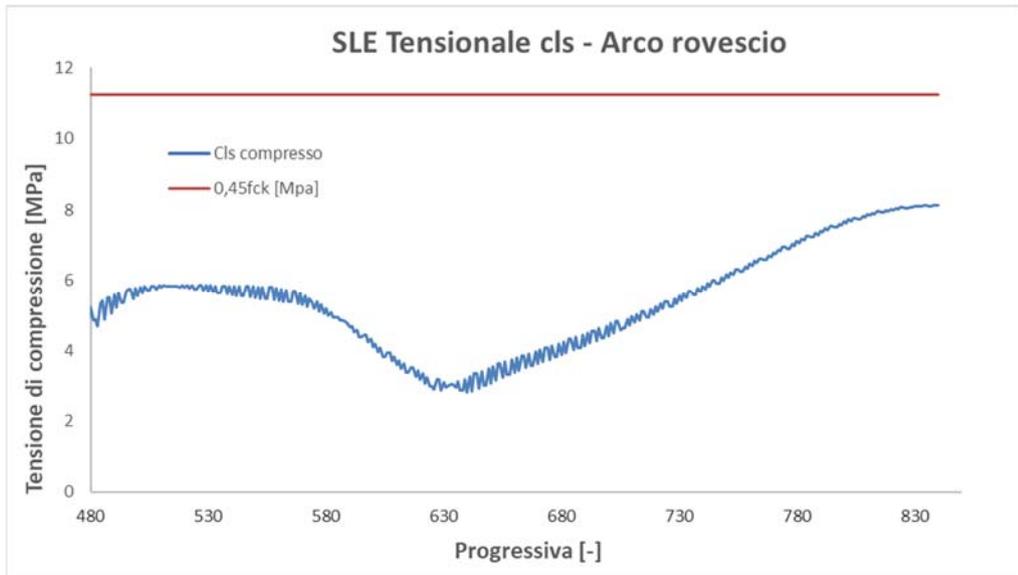


Figura 115 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 152 di 288

7.4.7 Analisi n. 3 Sezione B2* – (Pk. 0+850) – Discenderia F1, copertura = 178 m

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della parte della galleria d'accesso/uscita della finestra F1, fino al Pk 0+850 e una copertura massima di 178 m. Questa tratta sarà realizzata con una sezione di tipo B2*.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 116). Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. All'atto del getto del rivestimento definitivo, è stato simulato l'abbassamento del livello di falda a 50 m sopra calotta. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica delle pressioni neutre.

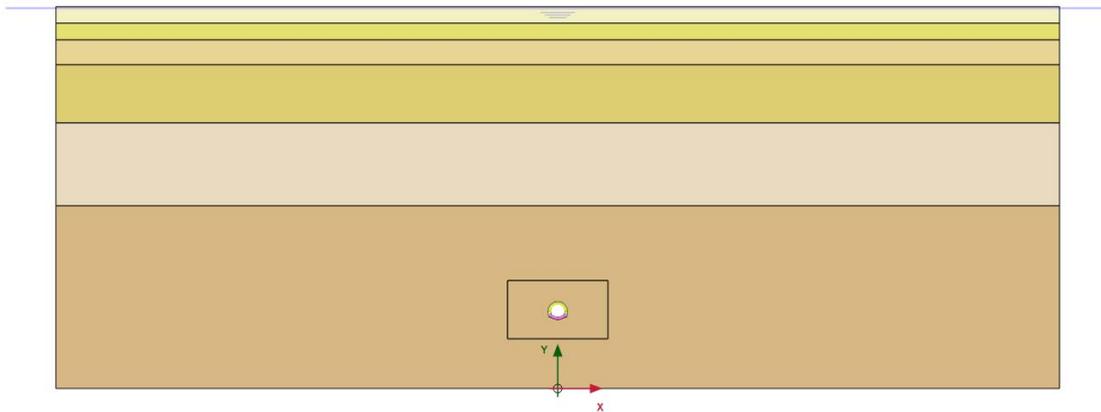


Figura 116 : Modello geotecnico della sezione B2*

La Tabella 50 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 50 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	φ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35
STF2 5	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	120	22,0	90,0	27,0	2,0	0,8	1180,0	0,35
STF2 6	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	> 200	22,0	160,0	28,0	2,0	0,7	1260,0	0,35

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 153 di 288

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 140 m ed un'altezza complessiva di 60 m (Figura 117); i bordi sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria (a distanza $>3D$ con D =diametri della galleria), in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non influenzino la modellazione.

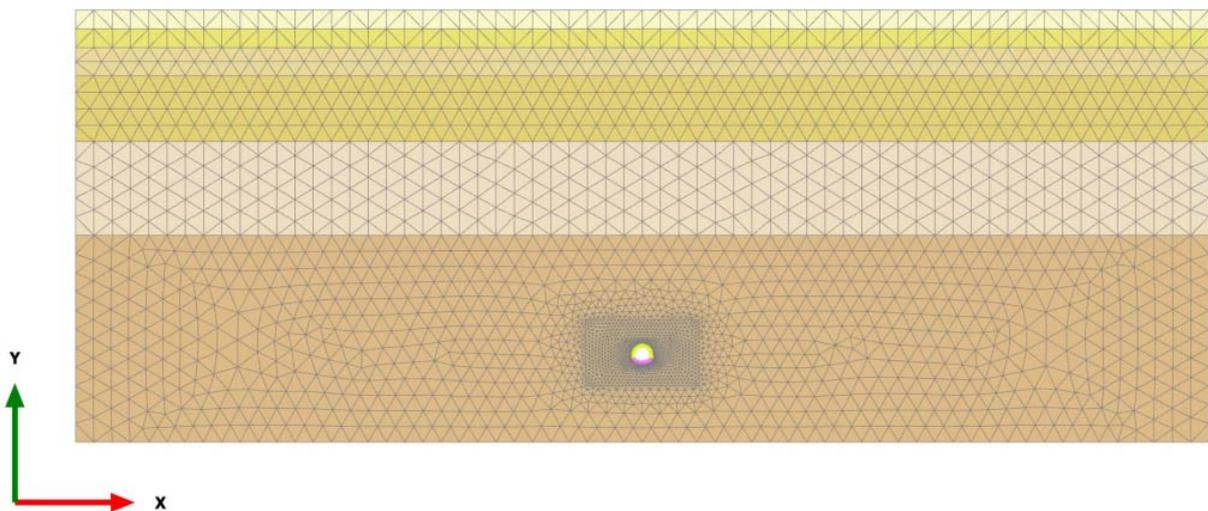


Figura 117 : Modello di calcolo, sezione B2* - Geometria mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB180 e spritz-betòn, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Questa sezione è l'unica caratterizzata da un distanziamento pari a 1,2 m tra le centine del rivestimento provvisorio – per tutte le altre, è previsto un distanziamento pari a 1,0 m.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di "Mohr-Coulomb".

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 154 di 288

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 51 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,25
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,2
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e le reni è stato considerato uno spessore pari a 1,0 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,4 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta spessore di 1,1 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 155 di 288

Fasi e percentuali di rilascio

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo. La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte ("rilascio forze di scavo").

Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio elencate nella Tabella 52, ottenute sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.4.3.

Tabella 52 : Sintesi dei tassi di rilascio al cavo per H 150 - 200 m.

Fase	Tassi di rilascio da 3D a coperture massime (H 150 - 200m)
<i>Pre-convergenza</i>	30 %
<i>Apertura cavo</i>	70 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 1m dalla sezione di calcolo</i>	73 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 2m dalla sezione di calcolo</i>	80 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 10m dalla sezione di calcolo</i>	98 %
<i>Simulazione avanzamento del fronte di scavo fino a 28m dalla sezione di calcolo</i>	100 %
<i>Getto arco rovescio e murette</i>	100 %
<i>Getto rivestimento definitivo di calotta</i>	100 %
<i>Fase di consolidazione</i>	100 %

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 156 di 288

Tabella 53 : Analisi 3, sezione B2* – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello	-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elastoplastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 7 m)	0,30
3	Apertura del cavo	0,70
4	Installazione del rivestimento di prima fase	0,73
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,73
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,80
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,98
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette.	1,00
10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 157 di 288

LUNGO TERMINE			
11	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase.	1,00
12	Simulazione abbassamento livello di falda	In questa fase viene simulato l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50 sopra calotta.	1,00
13	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre.	1,00

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.3 – sezione B2*. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 7 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 12.8 mm in calotta e 11.3 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 11.3 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione diffusa al contorno del profilo di scavo.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 57,9 mm in calotta e 41,6 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 74,2 mm. In questa fase si osserva un'ulteriore diffusione della plasticizzazione al contorno del profilo di scavo. (ordine metrico)

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 72.6 mm mentre in arco rovescio è di circa 51.6 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 91.3 mm come valore massimo. In questa fase non si osserva una variazione apprezzabile delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. (con oscillazioni dell'ordine del mm). In questa fase si osserva un leggero incremento delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 158 di 288

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

FASE 7

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una leggera riduzione delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo, essenzialmente sopra calotta.

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Ugualmente, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata: in generale, questa risulta più marcata in corrispondenza delle reni e dell'arco rovescio.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una riduzione delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. In questa fase si osserva una ulteriore riduzione delle plasticizzazioni intorno al contorno del profilo di scavo.

FASE 11

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Si osserva lo sviluppo di una fascia plastica intorno al rivestimento definitivo.

FASE 12

In questa fase viene simulato l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50 sopra calotta. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 14 cm mentre in arco rovescio è di circa 8,7 cm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 16 cm. In questa fase, si assiste ad un leggero incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 13

In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi nelle fasi precedenti. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 159 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidità assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

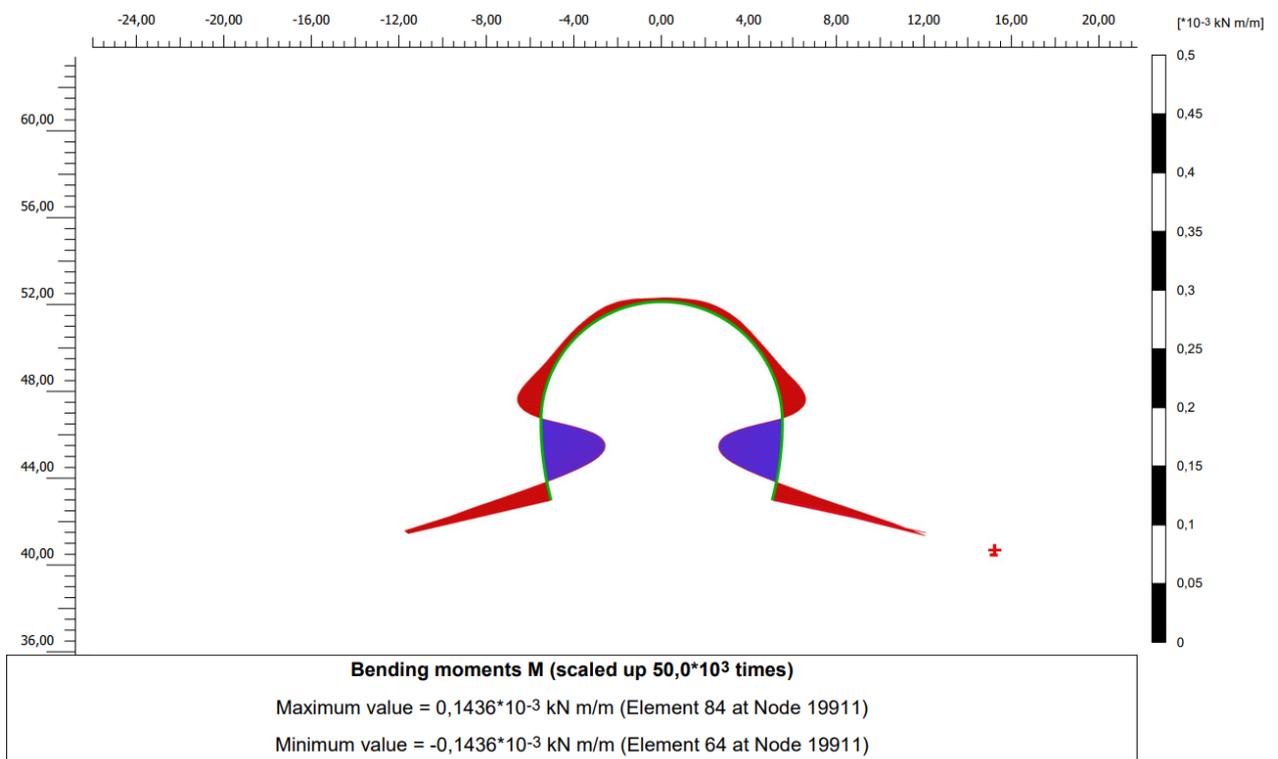


Figura 118 : andamento momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 160 di 288

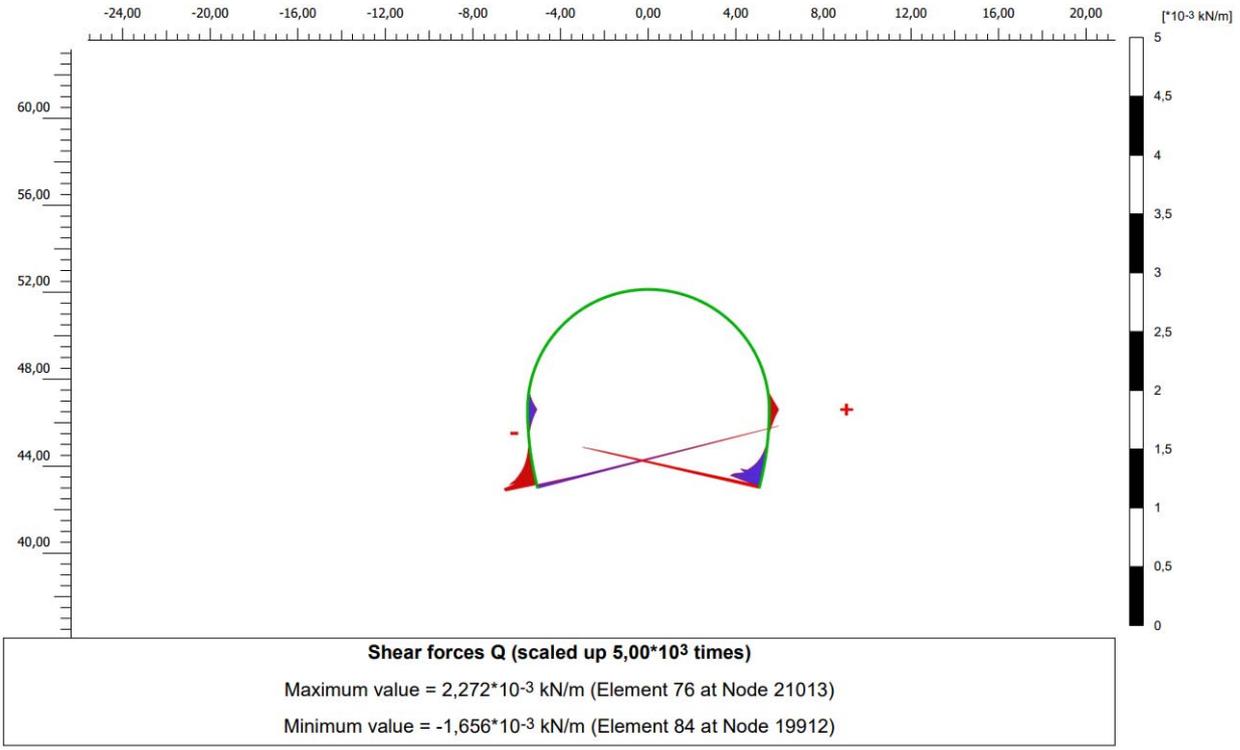


Figura 119 : andamento taglio (fase 8)

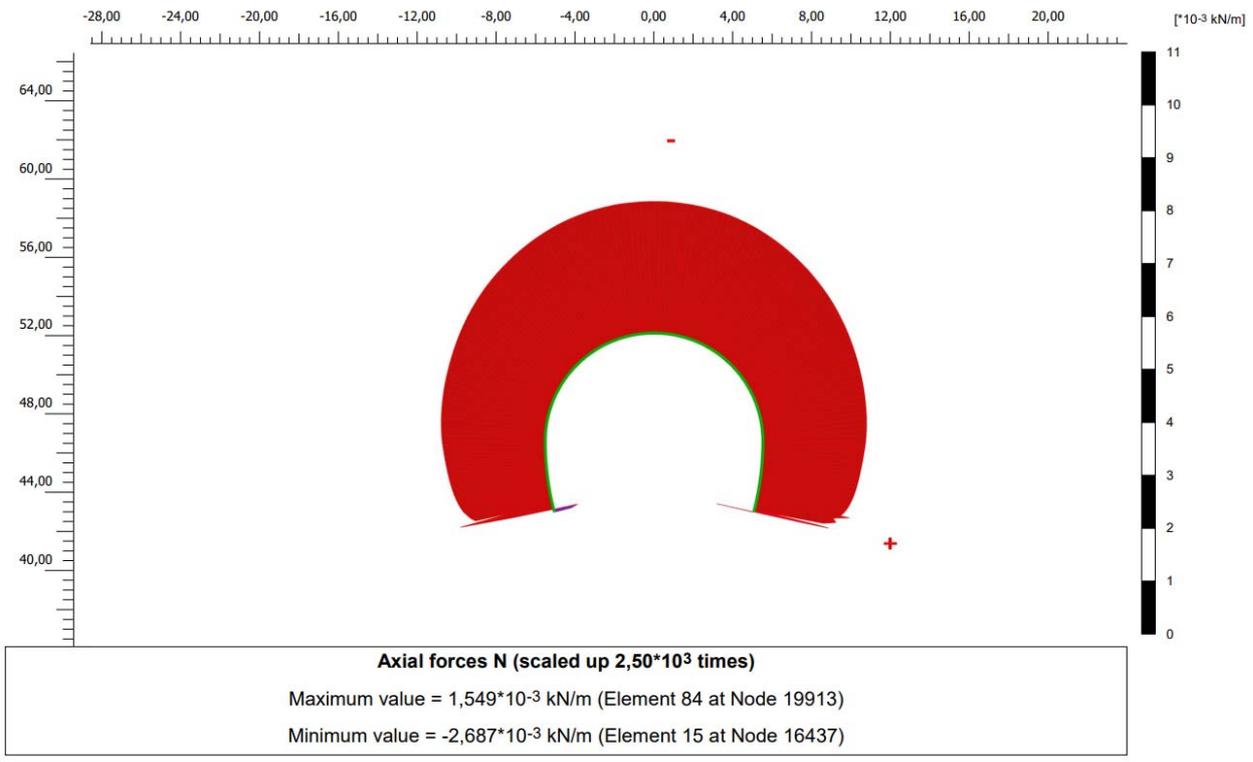


Figura 120 : andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 161 di 288

Si noti che i valori di picco al piede delle centine sono dovuti a singularità numeriche le quali non rientrano nelle verifiche SLU di dimensionamento. Inoltre, le centine al piede sono dotate di appoggi di rinforzo per un'altezza di circa 50 cm.

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica:

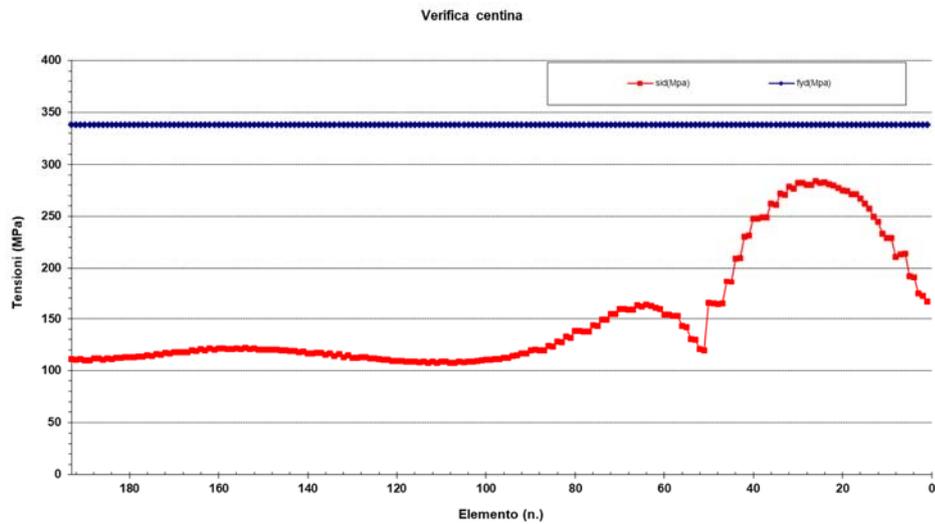


Figura 121 : SLU centina HEB180 – fase 8

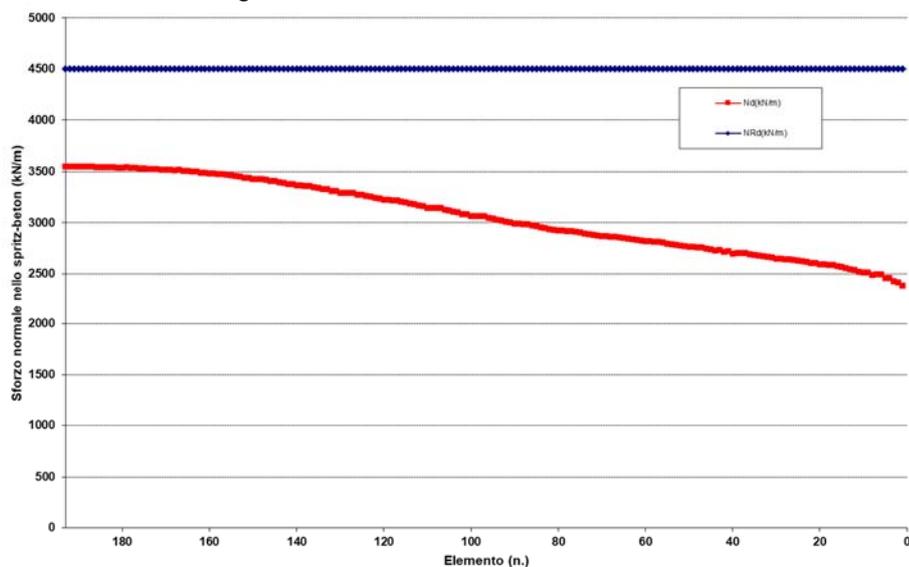


Figura 122 : verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 25 cm – fase 8

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 162 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

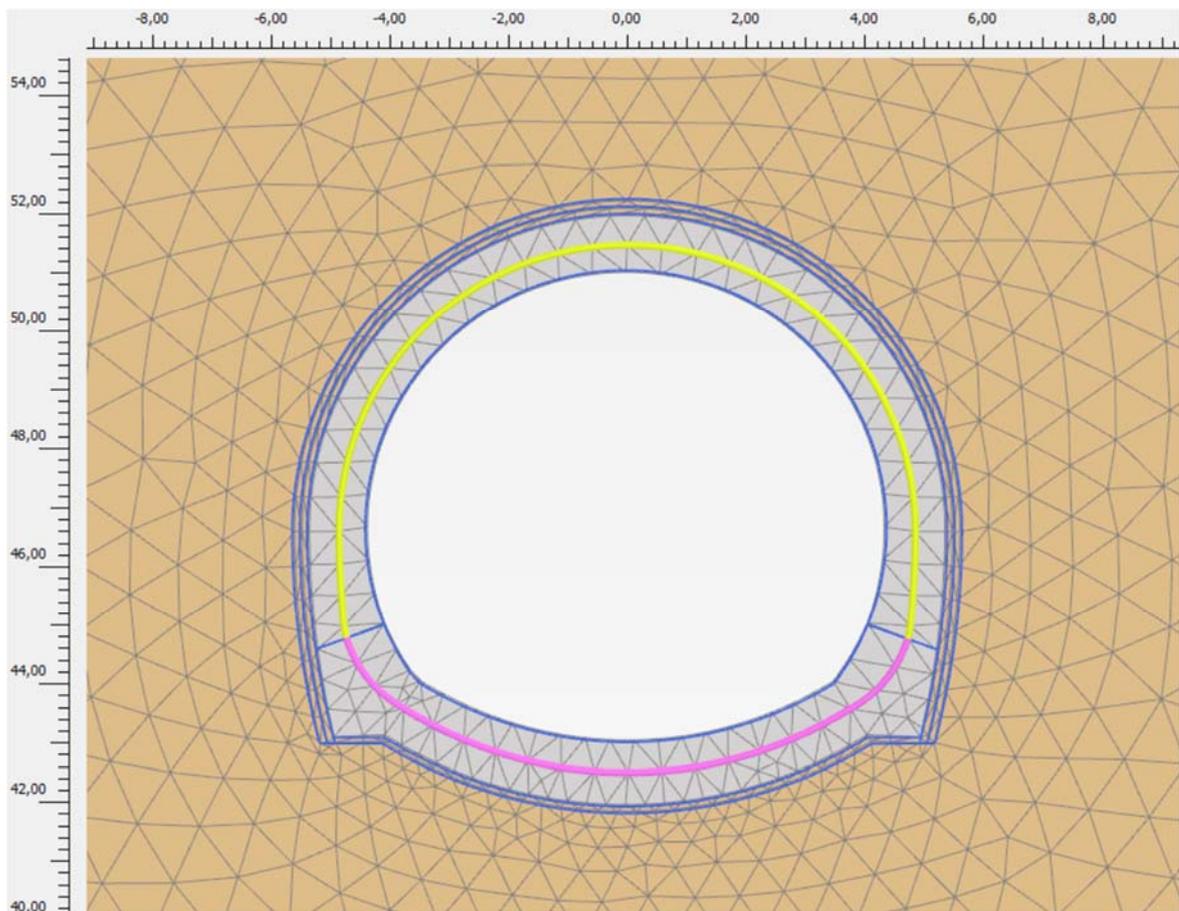


Figura 123 : Rivestimento definitivo – Fase 13

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

Sia la calotta che l'arco rovescio – in intradosso come in estradosso – sono armati con $5\phi 24/m$.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm e un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 163 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No. 13 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

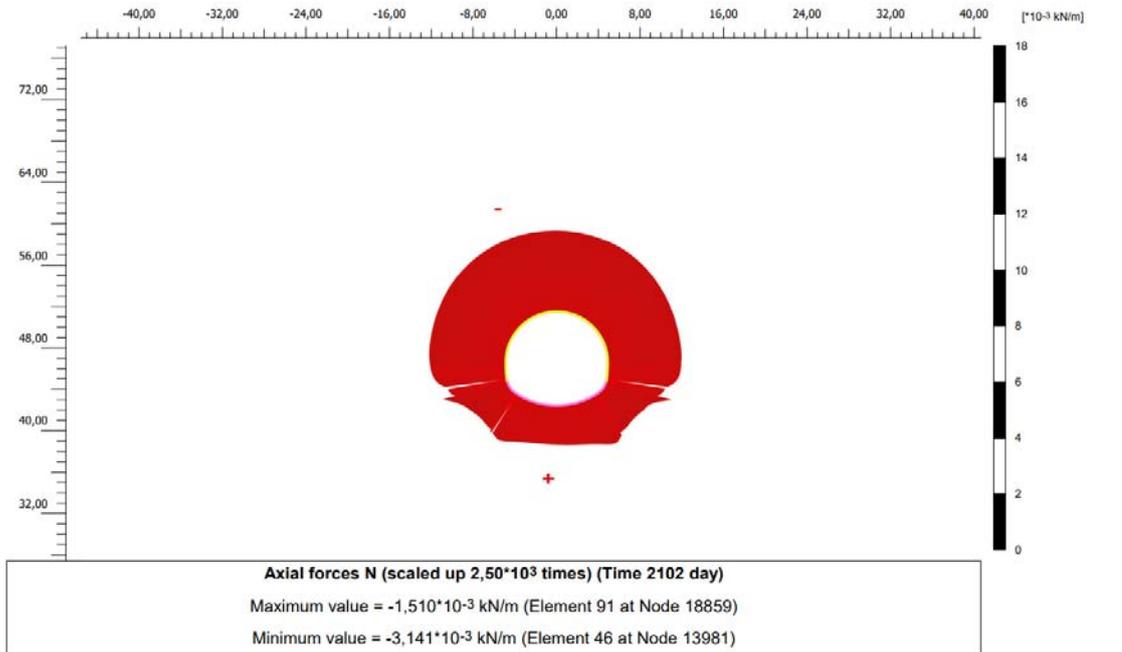


Figura 124 : Andamento sforzo normale (fase 13)

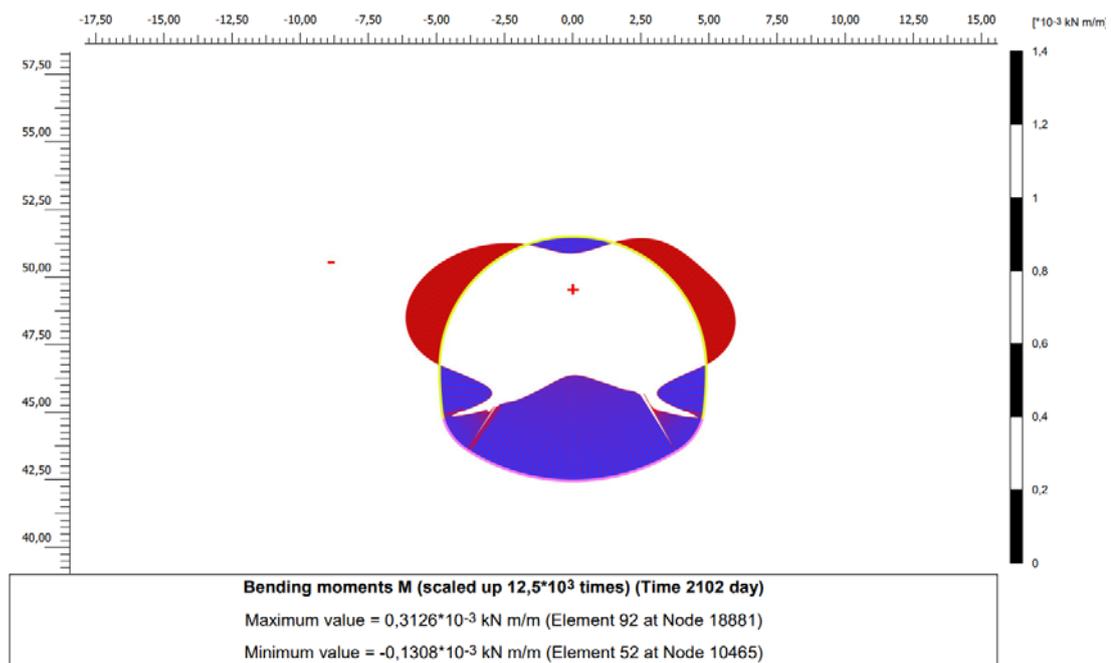


Figura 125 : Andamento momento flettente (fase 13)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 164 di 288

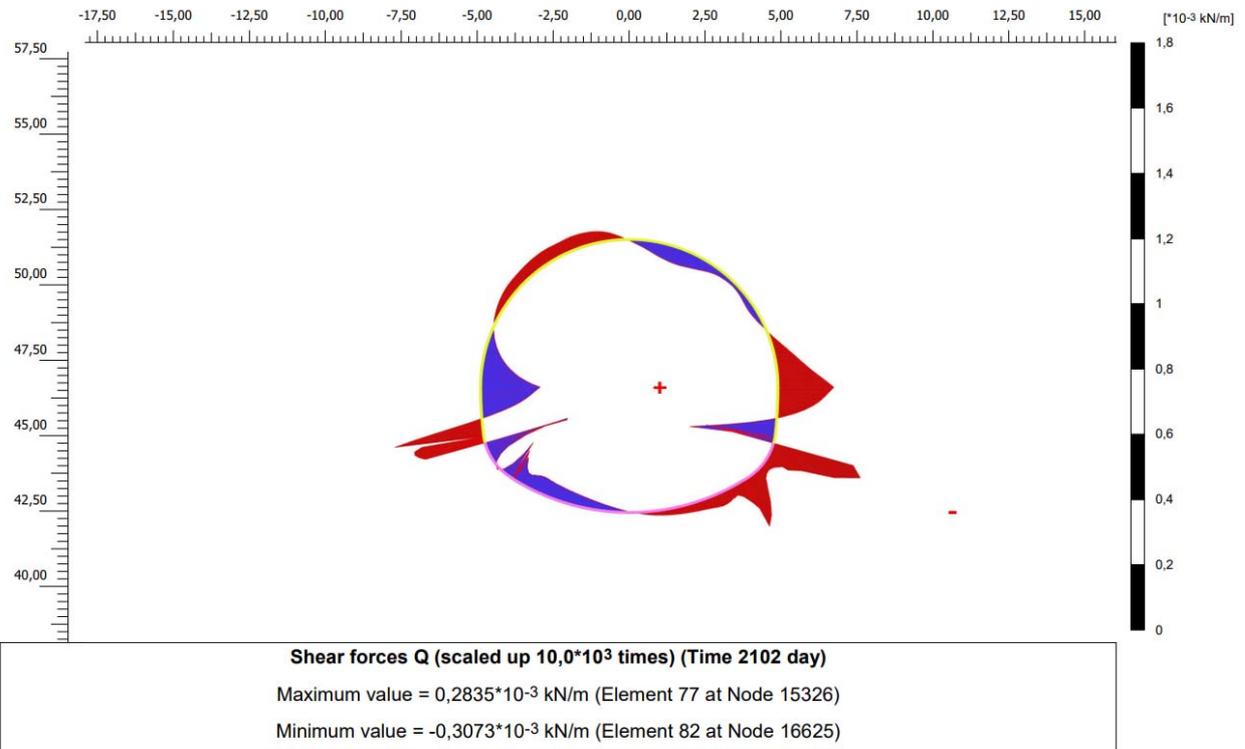


Figura 126 : Andamento taglio (fase 13)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 165 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU):

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	A _s A's	M _{Rd} [kNm]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3632,6	107,6	SLU	1000	924	5f24 5f24	1337,6	OK
151	Piedr-SX	B	-2996,3	149,2	SLU	1000	924	5f24 5f24	1172,4	OK
150	Piedr-SX	C	-3012,1	78,0	SLU	1000	924	5f24 5f24	1176,9	OK
275	Mezz-AR	D	-1450,0	370,4	SLU	1000	1024	5f24 5f24	721,3	OK

Tabella 54 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3632,6	101,8	SLU	1000	924	679,5	OK
151	Piedr-SX	B	-2996,3	31,6	SLU	1000	924	679,5	OK
150	Piedr-SX	C	-3012,1	11,4	SLU	1000	924	679,5	OK
275	Mezz-AR	D	-1450,0	4,2	SLU	1000	1024	512,8	OK

Tabella 55 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 166 di 288

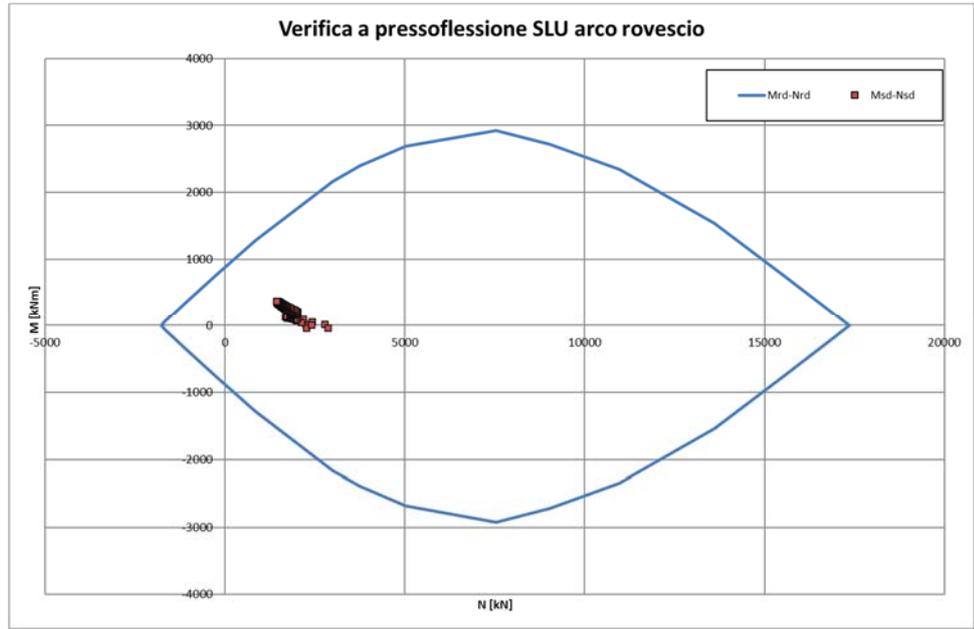


Figura 127 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

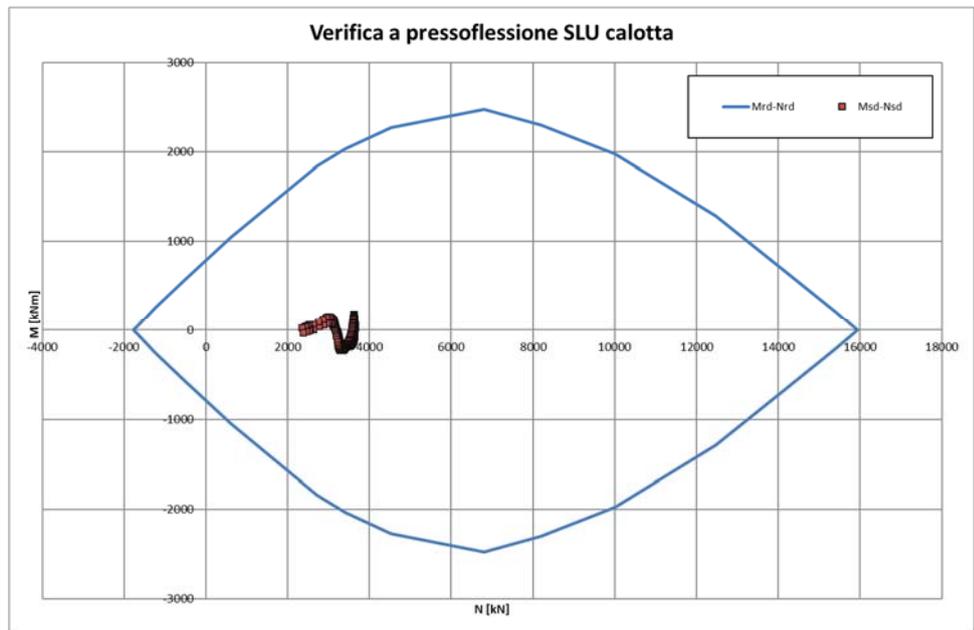


Figura 128 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=1,00 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 167 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

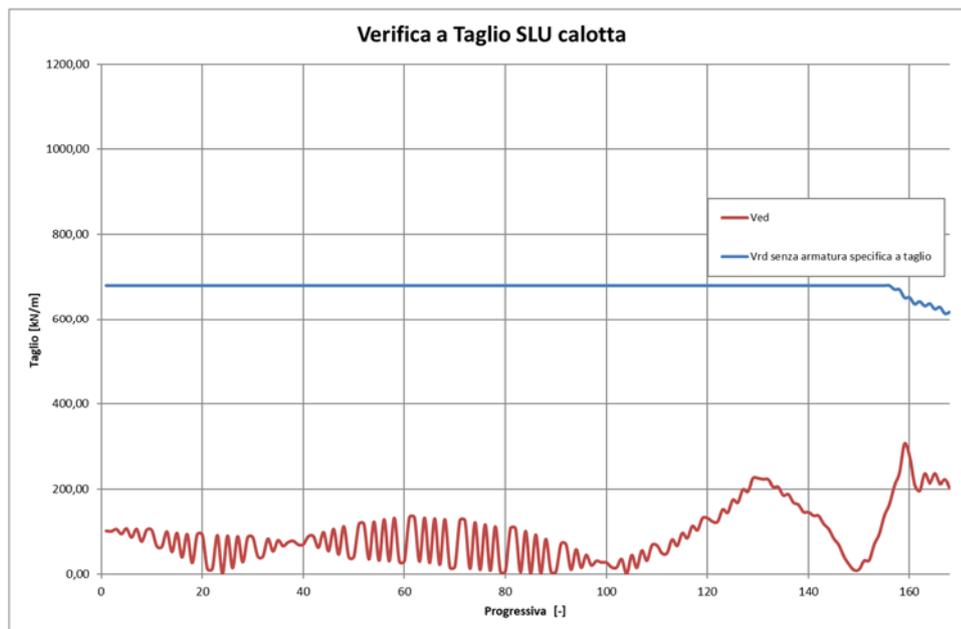


Figura 129 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=1,00 m)

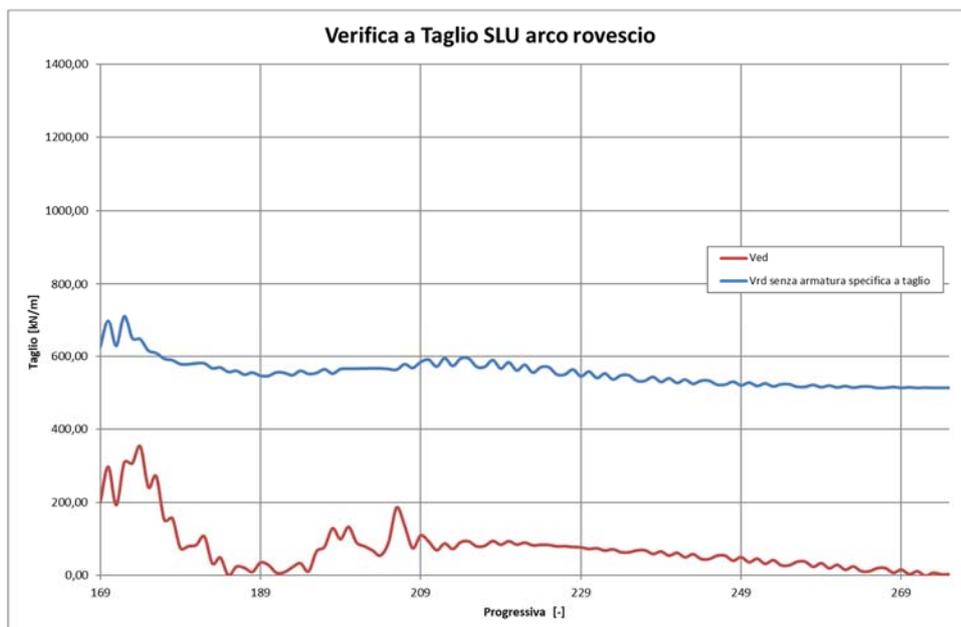


Figura 130 : Verifica a Taglio SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

Sebbene i rivestimenti definitivi non necessitano di armatura a taglio, si predispone ugualmente l'inserimento di un minimo di specifica armatura a taglio costituita da spille $\phi 12$ 3br/40cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 168 di 288

Verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine (Fase 13).

- Stato Limite di Fessurazione

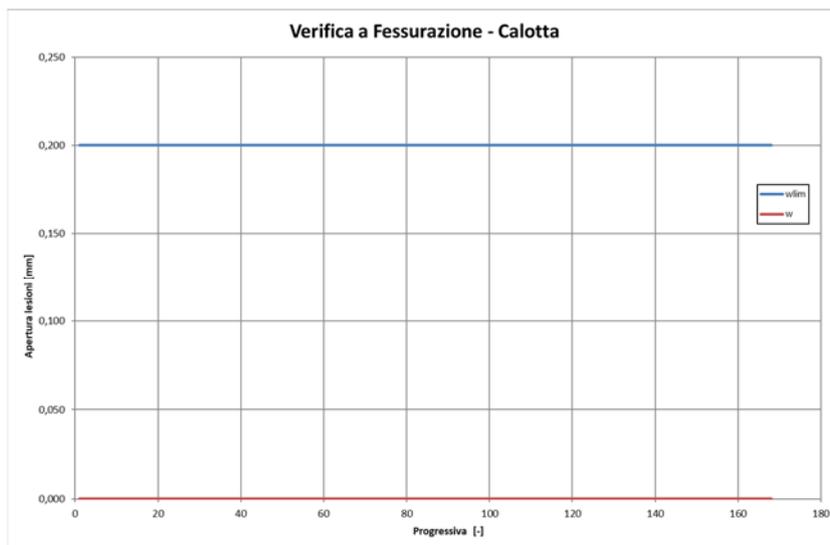


Figura 131 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=1,00 m)

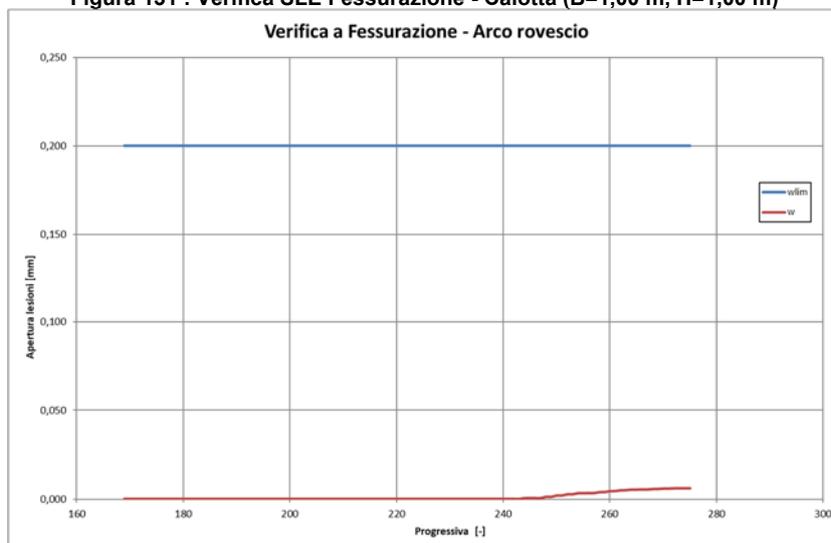


Figura 132 : Verifica SLE Fessurazione – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 169 di 288

- Stato limite di Tensione

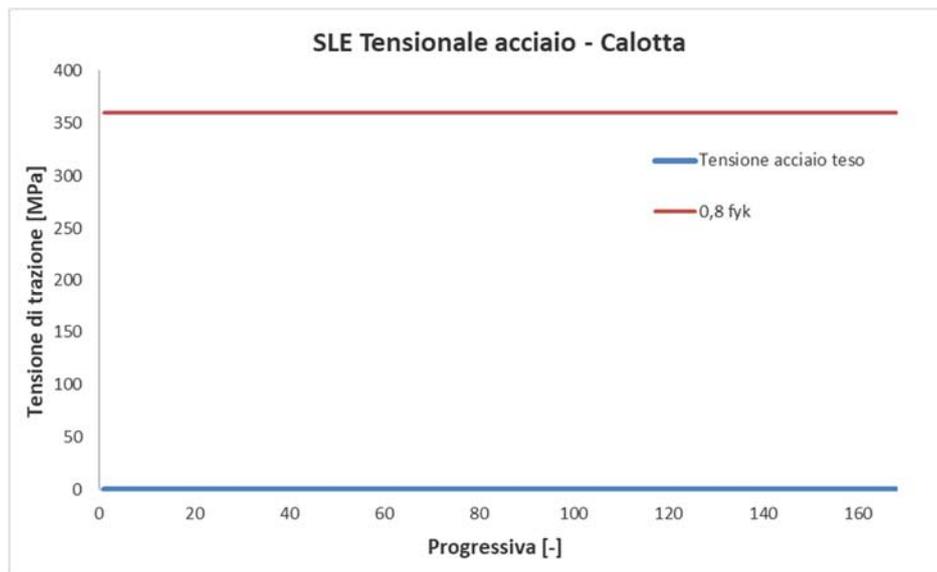


Figura 133 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=1,00 m)

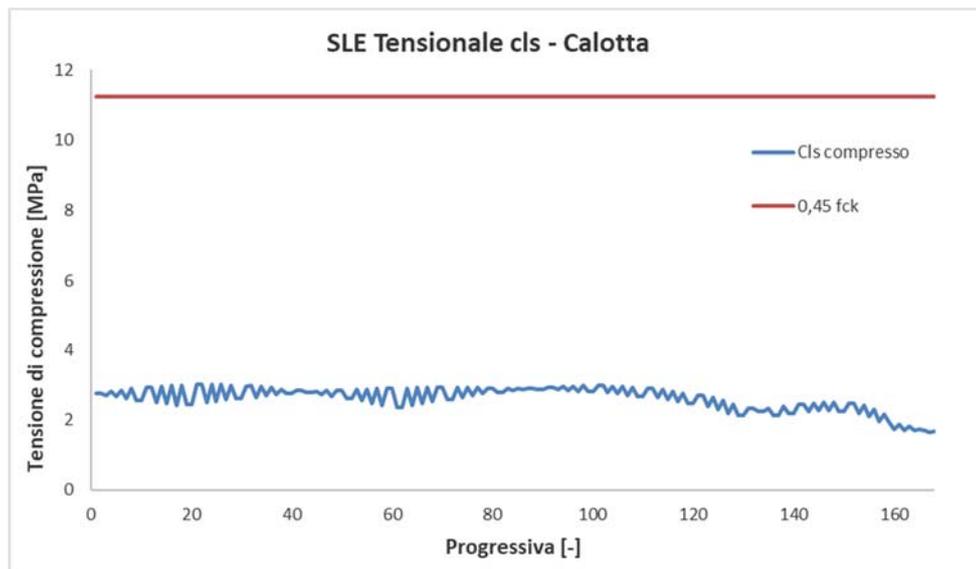


Figura 134 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo - Calotta (B=1,00 m, H=1,00 m)

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 170 di 288

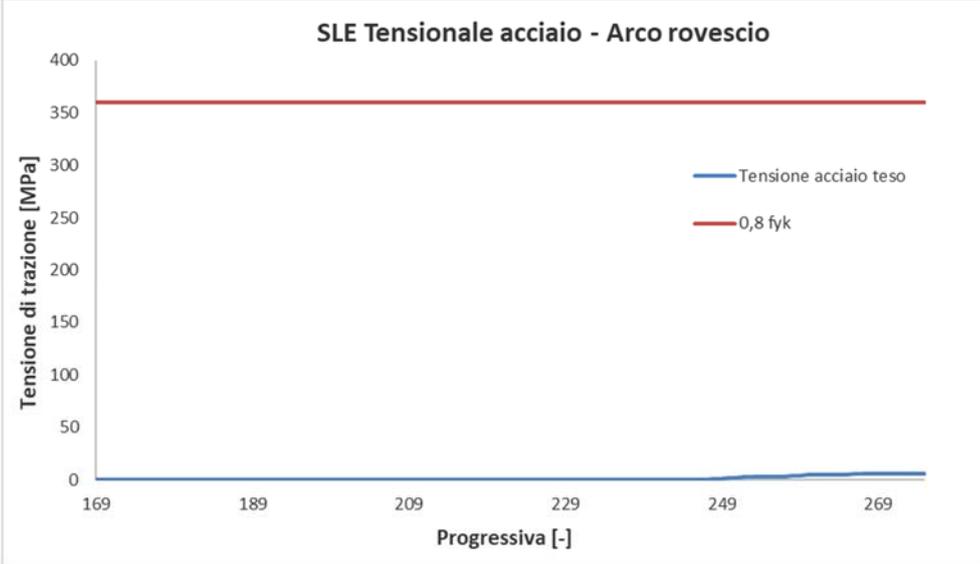


Figura 135 : Verifica SLE Tensionale acciaio– Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

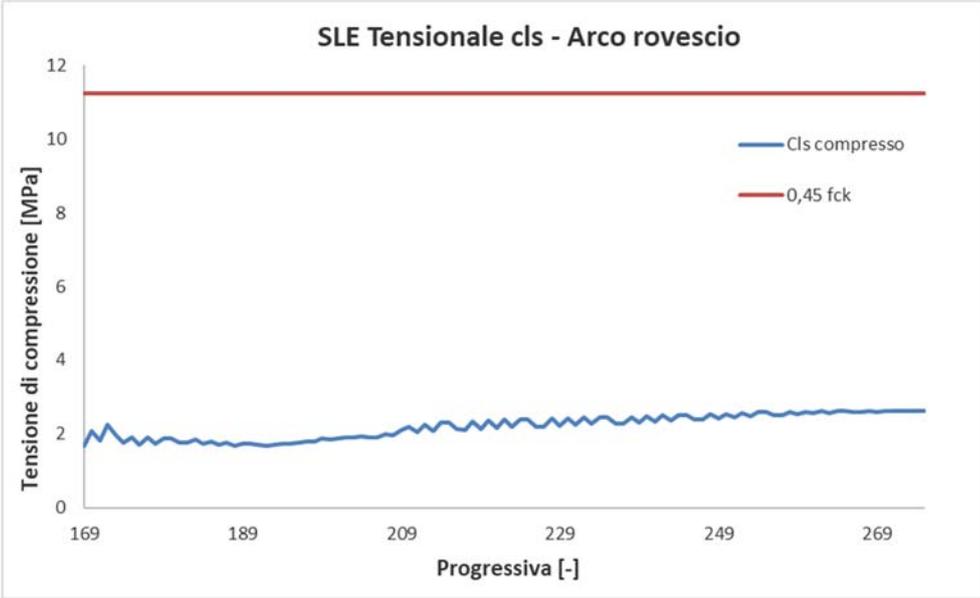


Figura 136 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo– Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 171 di 288

A seguire si riporta prima il dimensionamento delle armature della soletta interna alla sezione B2* e poi dei ferri di inghisaggio post-istallati di collegamento con il rivestimento definitivo della galleria.

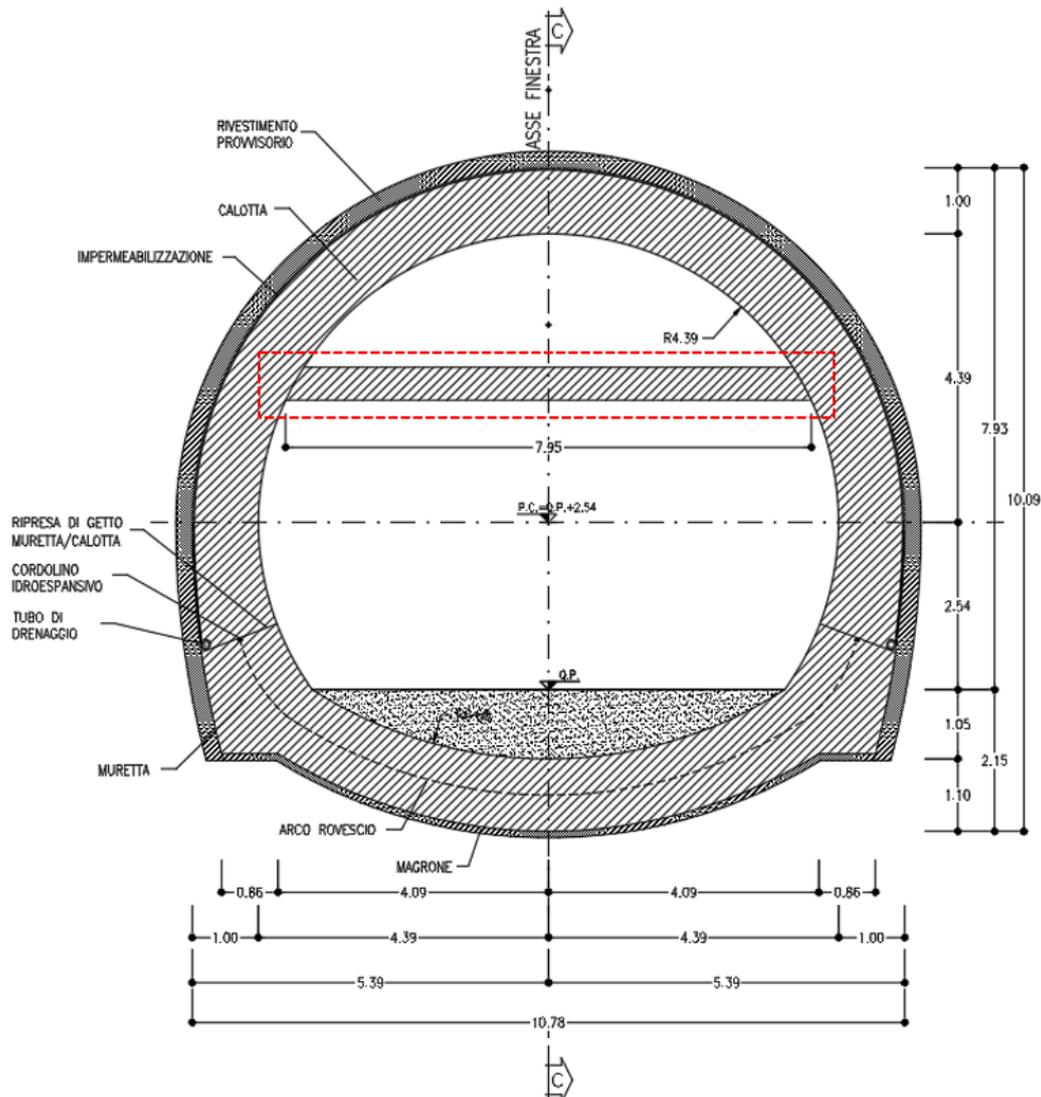


Figura 137 : Soletta interna alla Sezione B2*

La soletta in esame presenta una luce di 8m ed altezza 0,5m, il calcolo verrà eseguito considerando uno schema statico di trave appoggiata-appoggiata e considerando un carico variabile di 2 kN/m2.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 172 di 288

Caratteristiche geometriche soletta

L =	8	[m]
H =	500	[mm]
c =	60	[mm]

Coefficienti parziali e carico variabile

γ_{gk} =	1,3	[-]
γ_{Qk} =	1,5	[-]
Q_k =	2	[kN/m ²]

Calcolo azioni di progetto (Trave APP-APP)

Q_{slu}	$1,3 \cdot G_{k1} + 1,5 \cdot Q_k =$	19,25	[kN/m/m]
M_{max}	$(Q_{slu} \cdot L^2)/8 =$	154	[kNm/m]
V_{max}	$(Q_{slu} \cdot L)/2 =$	77	[kN/m]

Armatura inferiore richiesta soletta a metà campata

$$A_{s,rqd} = M_{ed}/(0,9d \cdot f_{yd}) = 993,8272 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Armatura soletta inferiore fornita a metà campata

ϕ =	18	[mm]
No. Ferri =	5	[/m]
A_s =	1272,345025	[mm ² /m]

Armatura soletta superiore fornita

ϕ =	14	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
A_s =	461,81412	[mm ² /m]

Armatura inferiore in appoggio soletta

$F_e = (V_{ed} \cdot (H-c))/(0,9 \cdot d) =$	85,556	[kN/m]
$A_{s,rqd} =$	218,6419753	[mm ² /m]
ϕ =	14	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
$A_s =$	461,8141201	[mm ² /m]

Armatura trasversale superiore e inferiore

$A_{s,trasv}/A_s =$	20%	[-]
$A_{s,trasv,min} =$	198,7654321	[mm ² /m]
ϕ =	14	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
$A_{s,prov} =$	461,8141201	[mm ² /m]

Verifica a taglio soletta

$V_{rzd}(\cot\theta=1) =$	1402,5	[kN/m]	Cap. 4 - NTC2018
$s_{min} =$	209,43	[mm]	
$s_d =$	200	[mm]	
ϕ =	10	[mm]	
n.br =	4	[-]	
$A_{st} =$	314,15	[mm ²]	
$\omega_{sw} =$	0,043	[-]	
$\cot\theta^* =$	3,244	[-]	
$V_{rd} =$	608,513	[kN/m]	
$V_{rd} > V_{ed} ? =$	si	[-]	

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 173 di 288

Stato limite tensionale (SLE)

Med,qp	105 [kNm/m]
$\sigma_{s,inf}$ =	205,1 [MPa]
$\sigma_{s,lim} = 0,8 \cdot f_{yk}$:	360 [MPa]
σ_c =	4,5184 [MPa]
$\sigma_{c,lim} = 0,45 \cdot f_{ck}$	11,25 [MPa]
Verifica $\sigma < \sigma_{lim}$	si [-]

Stato limite di apertura delle fessure (SLE)

$\sigma_{s,inf}$ =	205,1 [MPa]
Mfess =	98,739 [kNm/m]
ϵ_{sm} =	0,00041 [-]
w =	0,1908 [mm]
wlim =	0,2 [mm]
w < wlim ?	si [-]

Stato limite di deformabilità

Qrara =	14,5 [kN/m/m]
I =	1,04E+10 [mm ⁴ /m]
f =	2,36 [mm]
f _{lim} =	40 [mm]
f < f _{lim} ? =	si [-]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza				
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 174 di 288

Calcolo di sostegno terminale di una soletta semplicemente appoggiata secondo Eurocodice 2

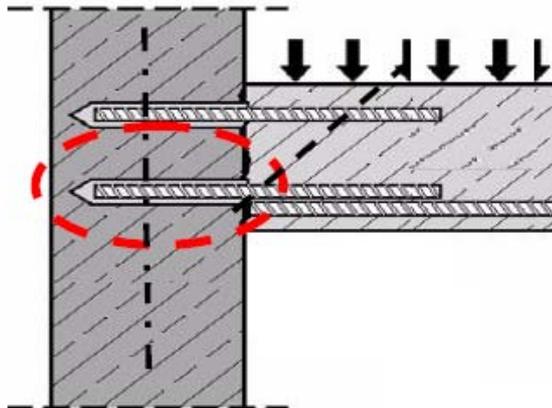


Figura 138 : Vista schematica collegamento inghisaggi post-istallati

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 175 di 288

Armatura inferiore al supporto

Armatura minima da ancorare al supporto:

$$A_{s,min} = (k \cdot k_c \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}) / \sigma_s = 569,992 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \{\text{parag. 7.3.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$A_{s,min} = 0,5 \cdot A_{s,rqd} = 496,9136 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \{\text{parag. 9.3.1.2(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$A_{s,min} = 0,25 \cdot A_{s,prov,app} = 318,0863 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \{\text{parag. 9.2.1.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$\phi = 14 \text{ [mm]}$$

$$\text{No. Ferri} = 5 \text{ [/m]}$$

$$A_{s,prov} = 769,6902001 \text{ [mm}^2\text{/m]}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di base richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2004, par. 8.4.3}

$$\phi = 14 \text{ [mm]}$$

$$\sigma_{sd} = 289,779 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{bd} = 3,041 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = 333,49 \text{ [mm]}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di progetto richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2011, par. 8.4.4}

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} > l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_2 = 0,7 \text{ [-]}$$

$$\alpha_3 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_4 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ [-]}$$

$$l_{bd} = 233,440 \text{ [mm]}$$

$$l_{b,min} = \max \{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}\} \quad \{\text{parag. 8.4.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}:$$

$$l_{b,min} = 140 \text{ [mm]}$$

$$l_{b,progetto} = 300 \text{ [mm]}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 176 di 288

Armatura superiore al supporto

Armatura minima da ancorare al supporto:

$$A_{s,min} = (k \cdot k_c \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}) / \sigma_s = 569,992 \quad \{\text{parag. 7.3.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2004}\}$$

$$A_{s,min} = 0,25 \cdot A_{s,rqd} = 248,4568 \quad \{\text{parag. 9.3.1.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2004}\}$$

$$\begin{aligned} \phi &= 14 && [\text{mm}] \\ \text{No. Ferri} &= 4 && [/m] \\ A_{s,prov} &= 615,75 && [\text{mm}^2/m] \end{aligned}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di base richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2004, par. 8.4.3}

$$\begin{aligned} \phi &= 14 && [\text{mm}] \\ \sigma_{sd} &= 362,224 && [\text{N/mm}^2] \\ f_{bd} &= 3,041 && [\text{N/mm}^2] \\ l_{b,rqd} &= (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = 416,86 && [\text{mm}] \end{aligned}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di progetto richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2011, par. 8.4.4}

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} > l_{b,min}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 && [-] \\ \alpha_2 &= 0,7 && [-] \\ \alpha_3 &= 1 && [-] \\ \alpha_4 &= 1 && [-] \\ \alpha_5 &= 1 && [-] \\ l_{bd} &= 291,800 && [\text{mm}] \\ l_{b,min} &= \max \{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}\} && \{\text{parag. 8.4.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\} \\ l_{b,min} &= 140 && [\text{mm}] \\ l_{b,progetto} &= 300 && [\text{mm}] \end{aligned}$$

Verifica a taglio connettori

$$\begin{aligned} \phi_{inf} &= 14 && [\text{mm}] \\ \phi_{sup} &= 14 && [\text{mm}] \\ \Phi &= 0,6 && [-] \\ \text{No. Ferri, inf} &= 5 && [/m] \\ \text{No. Ferri, sup} &= 4 && [/m] \\ V_{rd,inf} &= 33,25 && [\text{kN}] \\ V_{rd,sup} &= 33,25 && [\text{kN}] \\ V_{rd,tot} &= 299,26 && [\text{kN/m}] \\ V_{max} &= 77 && [\text{kN/m}] \\ V_{rd,tot} > V_{max} ? &= \text{si} && [-] \end{aligned}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza					
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 177 di 288	

Verifica trasferimento sforzo di taglio all'interfaccia

Vedi	154	[kN/m ²]	
c	0,45	[-]	
Vrd,c	538,64	[kN/m ²]	
v	0,54	[-]	(EN 1992-1-1:2004 [6.2.2])
Vrdi,max	3825	[kN/m ²]	
Vrdi	538,64	[kN/m ²]	min(Vrdi,max,Vrd,c)
Vrdi > Ved ?	si	[-]	

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 178 di 288

A seguire si riporta l'incidenza delle armature necessario al soddisfacimento delle verifiche di sicurezza:

SPESSORE	1						
VcIs (m²)	1						
γ acc (kg/m²)	7850						
		CALOTTA					
		passo ripartitori	0,4	m			
		passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,333	m			
B2*							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	24	3,551	1	10	1,1	39,1	
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6	
armatura spille	12	0,888	0,9	7,51	1,1	6,6	
						TOT fless	45,7
						TOT shear	6,6

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	50,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m³)	60,00

SPESSORE	1,1						
VcIs (m²)	1,1						
γ acc (kg/m²)	7850						
		ARCO ROVESCIO					
		passo ripartitori	0,4	m			
		passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,333	m			
B2*							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	24	3,551	1	10	1,1	39,1	
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6	
armatura spille	12	0,888	1	7,5075075	1,1	7,3	
						TOT fless	45,7
						TOT shear	7,3

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	45,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m³)	55,00

Tabella 56 : Incidenza armatura sezione B2*

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 179 di 288

7.4.8 Analisi n. 4 Sezione C2 – (Pk. 0+900) – Discenderia F1, copertura = 185 m

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della sezione C2 (Rif. [35]), che costituisce la soluzione progettuale a prevalenza minoritaria (applicazione massima al 30%) lungo tutta la discenderia F1, fino al livello del tunnel di base. La progressiva di riferimento per le analisi presentate si trova al Pk 0+900 in F1, in corrispondenza della copertura massima in calotta di 185 m.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 139). Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. All'atto del getto del rivestimento definitivo, è stato simulato l'abbassamento del livello di falda a 50 m sopra calotta. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica delle pressioni neutre.

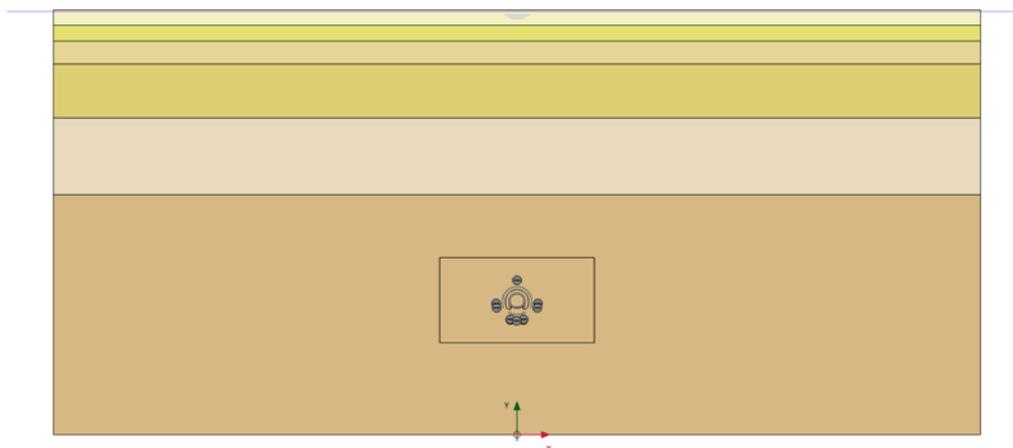


Figura 139 : modello geotecnico della sezione C2

La Tabella 57 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 57 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	φ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35
STF2 5	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	120	22,0	90,0	27,0	2,0	0,8	1180,0	0,35
STF2 6	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	> 200	22,0	160,0	28,0	2,0	0,7	1260,0	0,35

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 180 di 288

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 600 m ed un'altezza complessiva di 280 m (Figura 140); i bordi sono stati collocati in modo da garantire una distanza sufficiente, relativamente alla copertura elevata. Inoltre, la loro distanza dalla galleria ($>3D$ con $D =$ diametro della galleria), assicura che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

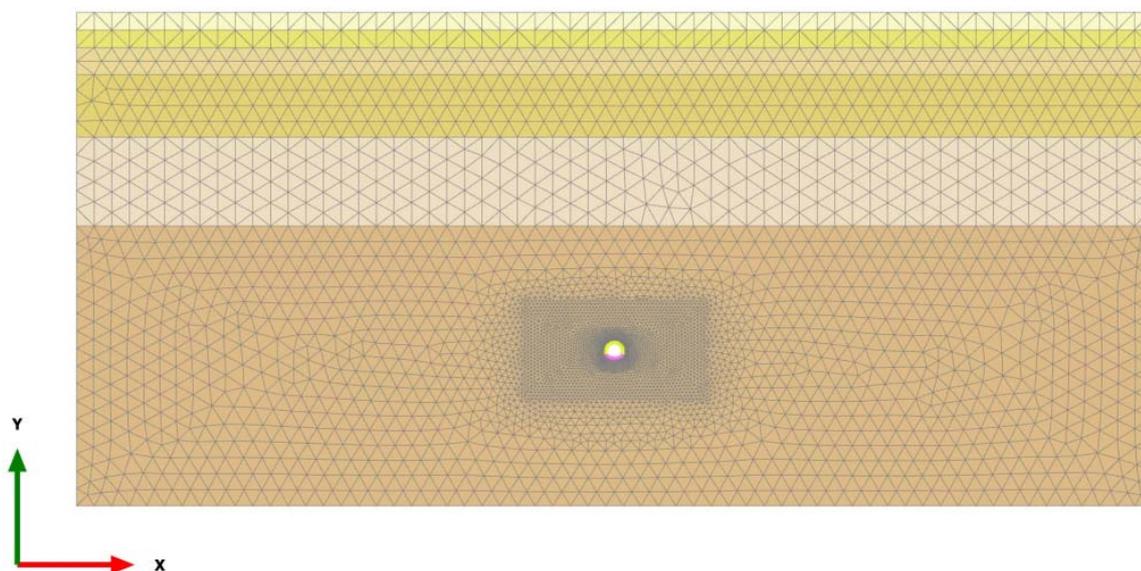


Figura 140 : modello di calcolo, sezione C2 - geometria e mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB180 e spritz-betòn di spessore 25 cm, sia quello definitivo, sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 181 di 288

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 58 : caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,25
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e i piedritti è stato considerato uno spessore pari a 0,8 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,2 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta uno spessore di 0,9 m.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 182 di 288

Fasi e percentuali di rilascio

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo. La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte ("rilascio forze di scavo"). Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio riepilogate nella seguente Tabella, e ottenute sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.4.3.

Tabella 59 : Analisi 4, sezione C2 – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione		Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello		-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elastoplastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	In questa fase di calcolo viene applicato il peso proprio del terreno; viene così ricreata in termini di sforzi e di deformazioni la situazione precedente alla costruzione della galleria	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 8 m)	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avvicinamento del fronte di scavo. In questa fase il fronte di scavo si trova 8 m prima della sezione di calcolo.	0,30
3	Apertura del cavo	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'apertura del cavo. In questa fase la sezione di calcolo è esattamente rappresentativa della situazione al fronte di scavo.	0,70
4	Installazione del rivestimento di prima fase	In questa fase viene simulato lo scavo a piena sezione di un singolo sfondo di 1m senza sostegno. In questa fase il fronte di scavo è a 1m in avanzamento rispetto alla sezione di analisi. e si procede all'installazione del rivestimento di prima fase centine e spritz-betòn.	0,73
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	Tale fase prevede l'installazione delle centine e dello spritz-betòn con un modulo elastico ridotto ($E=33,2\% E_{28}$)	0,73
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	In questa fase viene simulato l'avanzamento del fronte di scavo fino ad una distanza del fronte di 2 m dalla sezione di analisi. Nel rivestimento di prima fase sono agenti sia le centine sia lo spritz-betòn con modulo elastico ridotto ($E=64,1\% E_{28}$)	0,80
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	In questa fase viene simulato l'avanzamento del fronte di scavo fino ad una distanza del fronte di 10 m dalla sezione di analisi. Nel rivestimento di prima fase sono agenti sia le centine sia lo spritz-betòn con modulo elastico ridotto ($E=95\% E_{28}$)	0,98
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	In questa fase viene simulato l'avanzamento del fronte di scavo fino ad una distanza del fronte di 28 m dalla sezione di analisi. Nel rivestimento di prima fase sono agenti sia le centine sia lo spritz-betòn giunto a maturazione completa.	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette.	In questa fase viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. In questa fase il fronte di scavo è ad una distanza >28 metri rispetto alla sezione di analisi.	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 183 di 288

10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	In questa fase viene simulato il getto della calotta. In questa fase il fronte di scavo è ad una distanza >28 metri rispetto alla sezione di analisi.	1,00
----	---	---	------

LUNGO TERMINE

11	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase e del consolidamento al contorno.	1,00
12	Simulazione abbassamento livello di falda	In questa fase viene simulato l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50 sopra calotta.	1,00
13	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre.	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 184 di 288

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.4 – sezione C2. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 8 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 11.7 mm in calotta e 11.9 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 10.4 mm. In questa fase si osservano fenomeni di plasticizzazione per taglio al contorno del profilo di scavo.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 46.9 mm in calotta e 41 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 64.9 mm. In questa fase si sviluppa un incremento della fascia plastica al contorno del profilo di scavo (d'ordine metrico).

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 56.2 mm mentre in arco rovescio è di circa 48.8 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 77.3 mm come valore massimo. In questa fase si osserva un ampliamento delle plasticizzazioni al contorno del profilo di scavo.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 57.7 mm mentre in arco rovescio è di circa 50.4 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 80.2 mm. In questa fase, si assiste a una variazione apprezzabile dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 59.5 mm mentre in arco rovescio è di circa 55.5 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 84.7 mm. In questa fase, non si assiste a una variazione apprezzabile dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 7

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 60.4 mm mentre in arco rovescio è di circa 63.1 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 88.8 mm. In questa fase, non si assiste a una variazione apprezzabile dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>185 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	185 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	185 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio prossimo al 100%. Mentre si osserva una leggera riduzione della zona plastica.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100%. Mentre si osserva una localizzazione delle plasticizzazioni al di sotto dell'arco rovescio.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. La zona plastica è soggetta ad un ulteriore riduzione rispetto alla fase precedente.

FASE 11

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio e la coronella di terreno consolidato al contorno. In questa fase si osserva una concentrazione delle plasticizzazioni nell'intorno del rivestimento definitivo.

FASE 12

In questa fase viene simulato l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50m sopra calotta. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 90 mm mentre in arco rovescio è di circa 78 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 12 cm. In questa fase, si assiste ad un leggero incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 13

In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi nelle fasi precedenti. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 186 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidzze assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

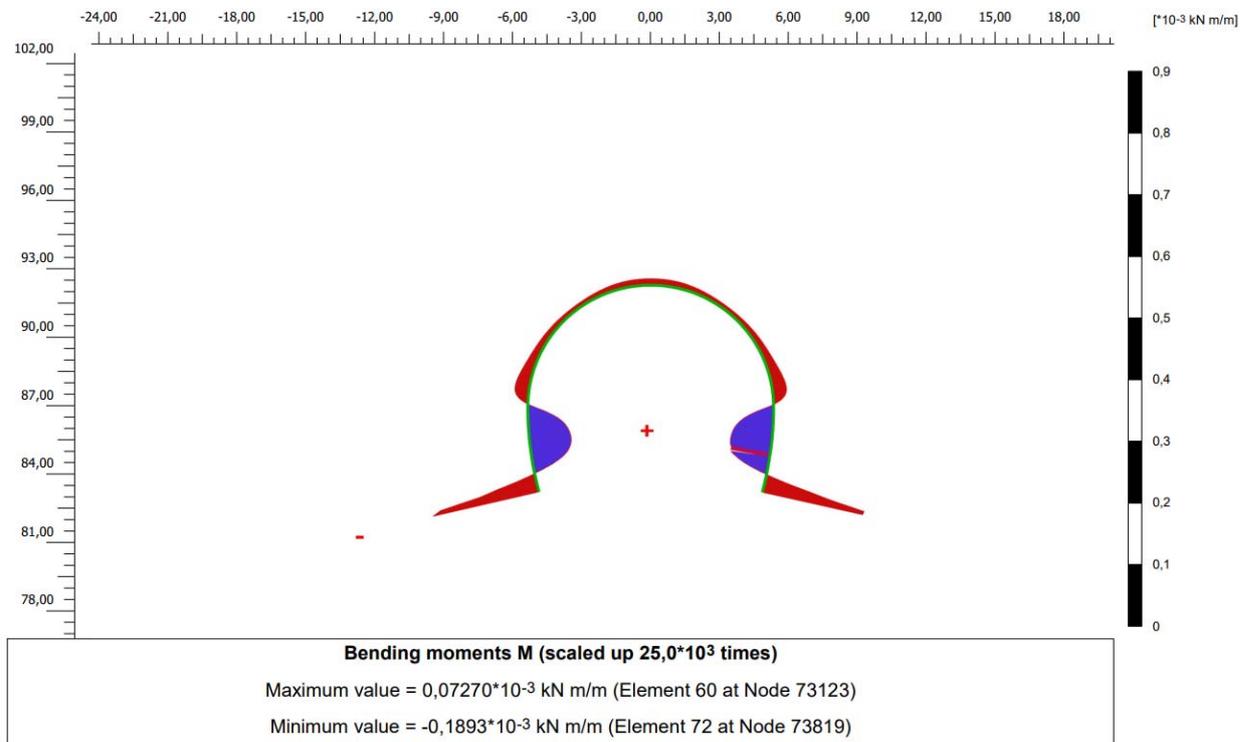


Figura 141 : andamento momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 187 di 288

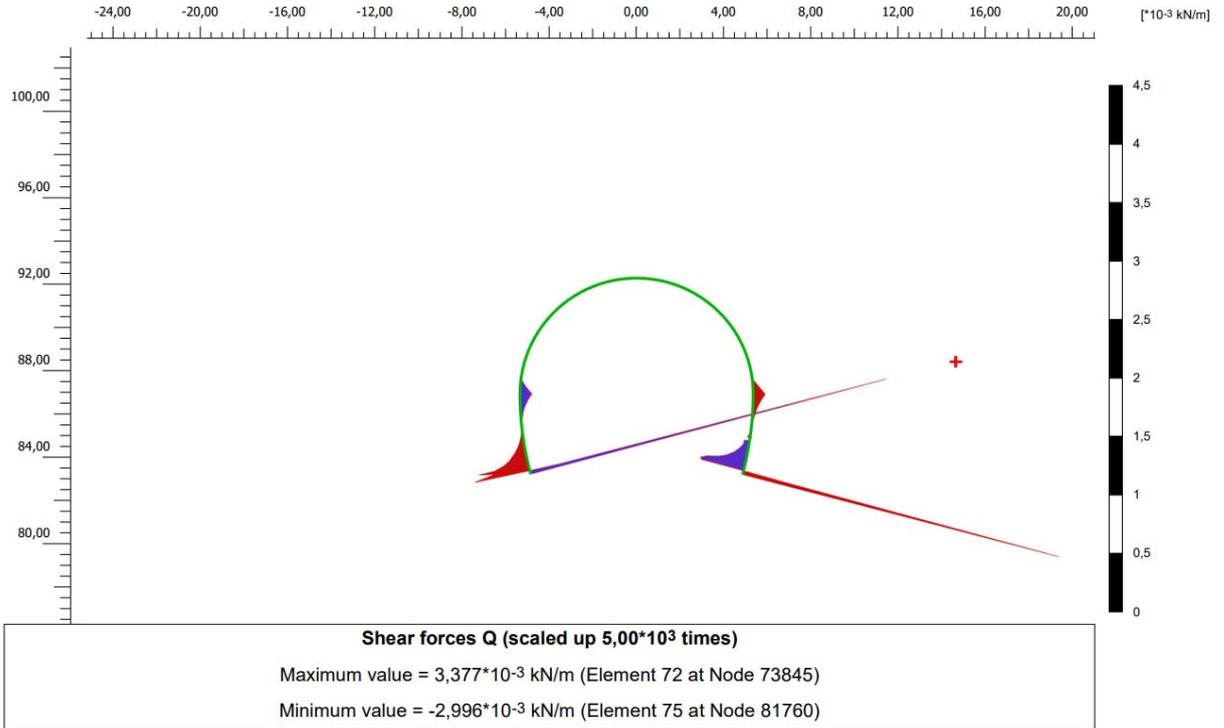


Figura 142 : andamento taglio (fase 8)

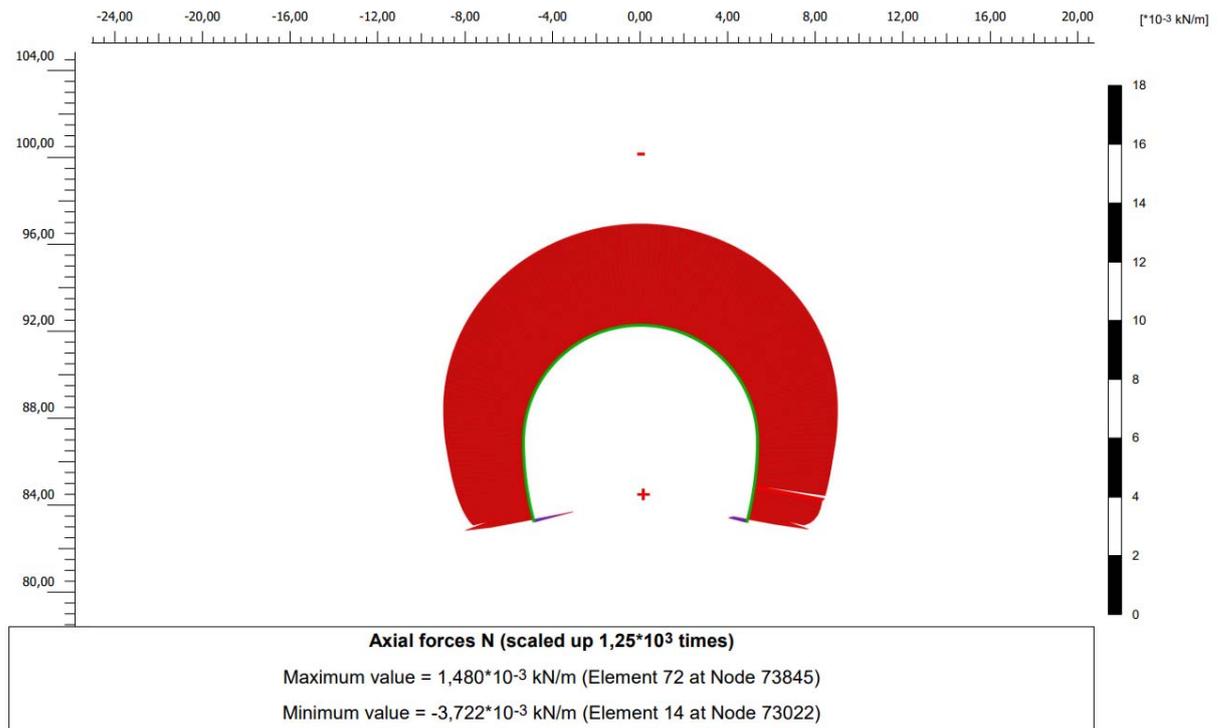


Figura 143 : andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 188 di 288

Si noti che i valori di picco al piede delle centine sono dovuti a singolarità numeriche le quali non rientrano nelle verifiche SLU di dimensionamento. Inoltre, le centine al piede sono dotate di appoggi di rinforzo per un'altezza di circa 50 cm.

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica:

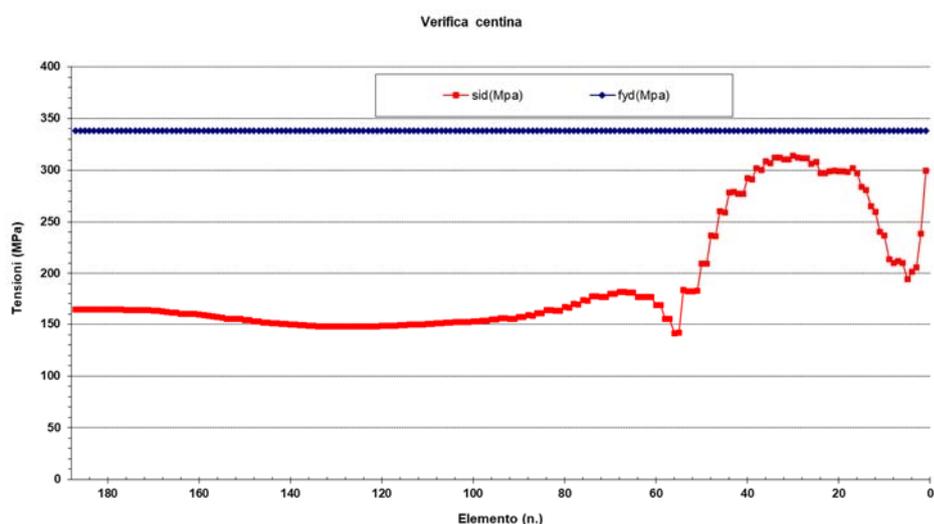


Figura 144 : SLU centina HEB180 – fase 8

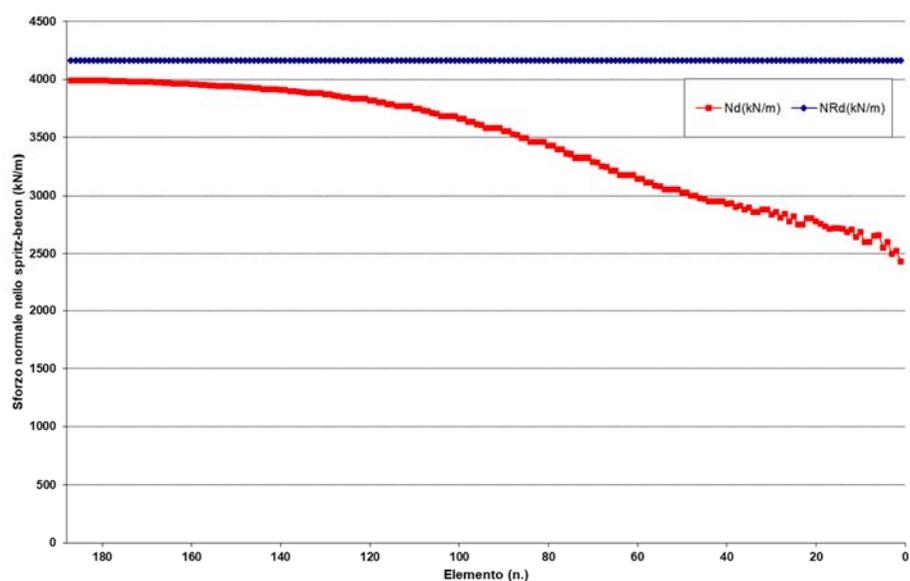


Figura 145 : verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 25 cm– fase 8

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 189 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

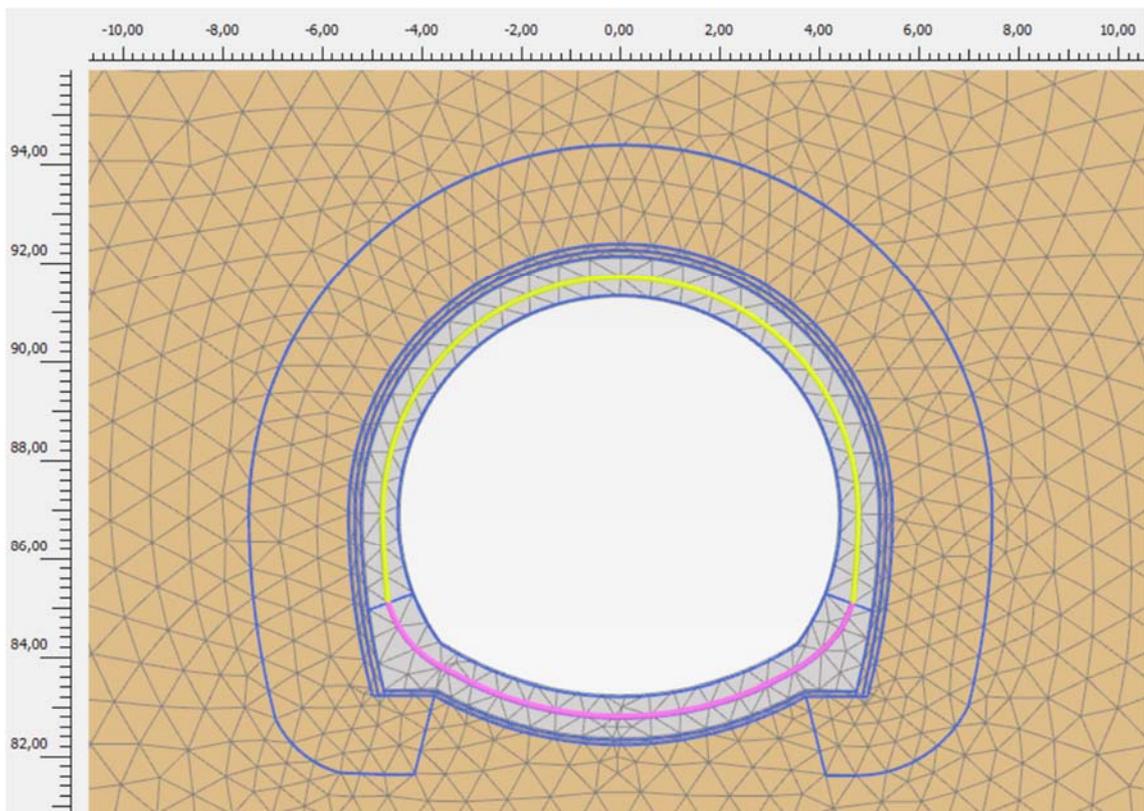


Figura 146 : Rivestimento definitivo – Fase 13

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

Sia la calotta che l'arco rovescio – in intradosso come in estradosso – sono armati con $5\phi 24/m$.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm e con un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 190 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No. 13 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

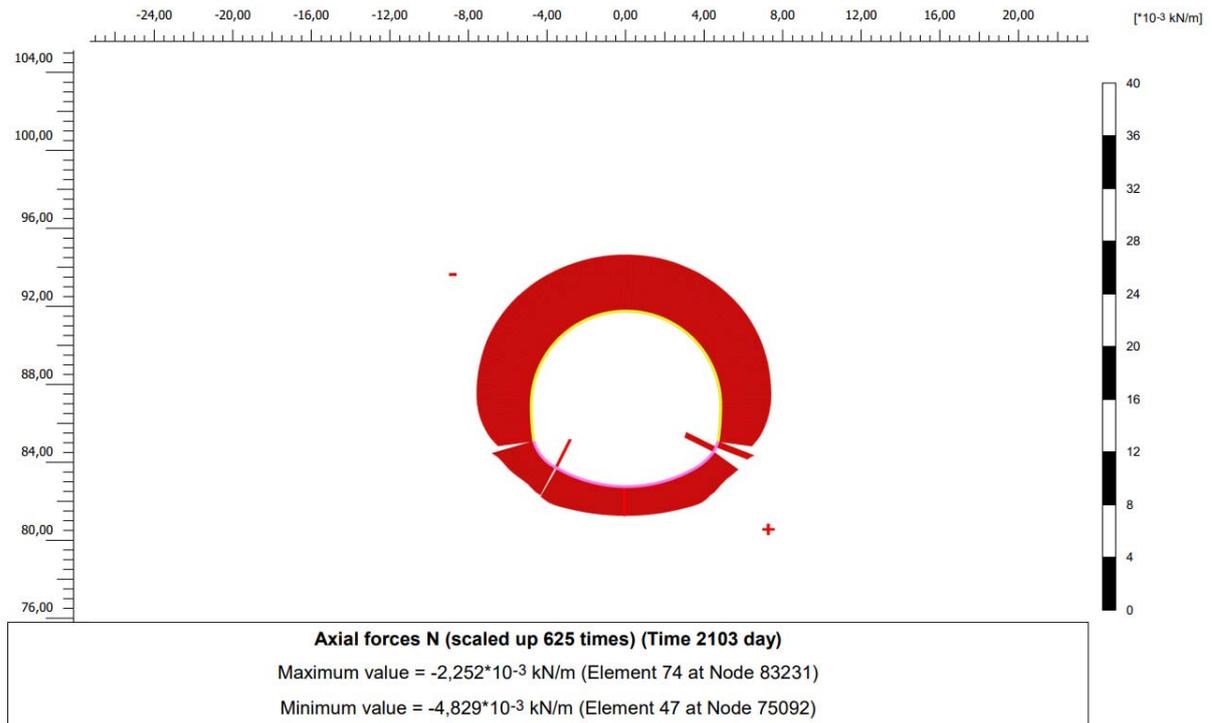


Figura 147 : Andamento sforzo normale (fase 13)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 191 di 288

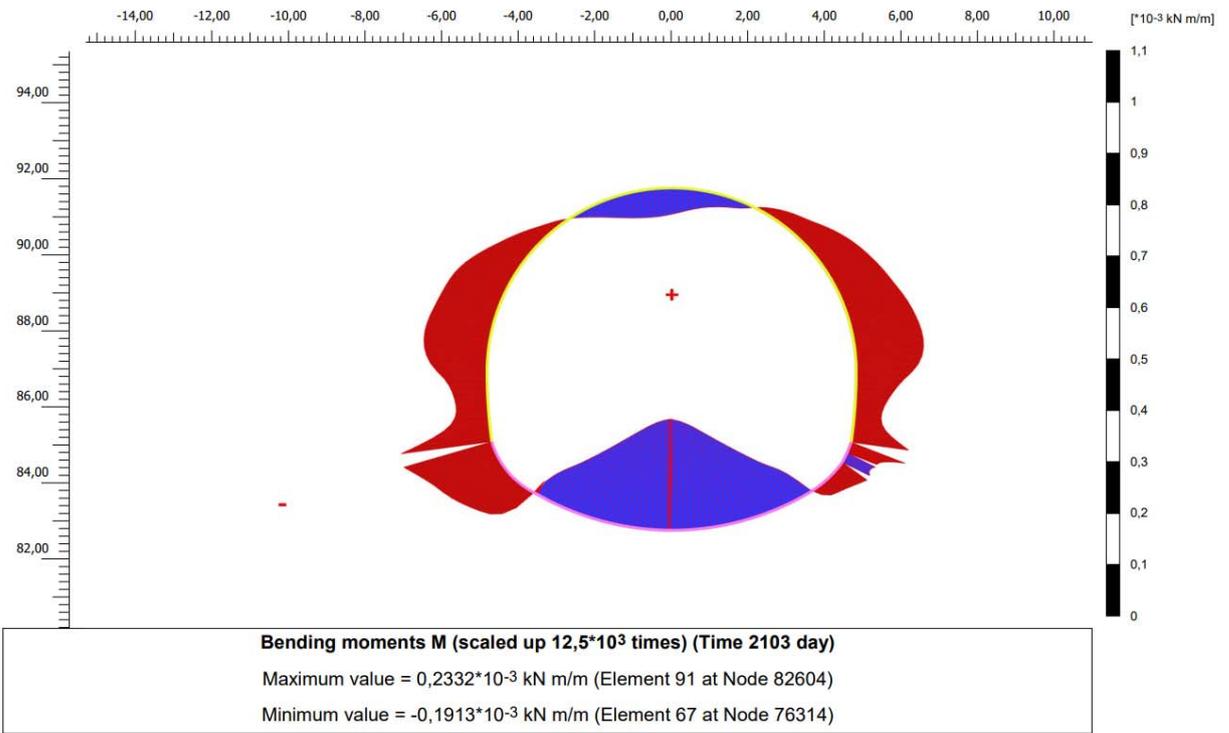


Figura 148 : Andamento momento flettente (fase 13)

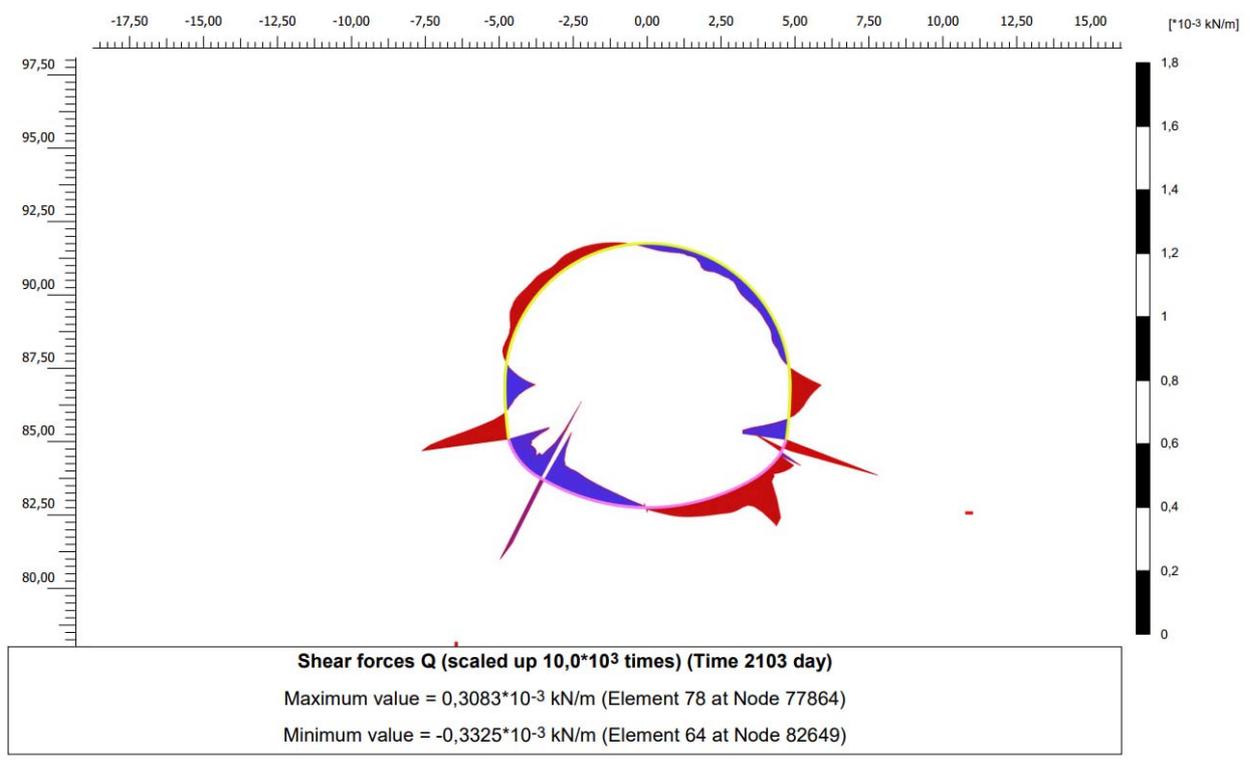


Figura 149 : Andamento taglio (fase 13)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 192 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU) :

Frame	Sezione	Nodo	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	Combo	b_w [mm]	d [mm]	As A's	M_{Rd} [kNm]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3091,1	302,6	SLU	1000	724	5f24 5f24	921,3	OK
133	Piedr-SX	B	-5619,5	117,1	SLU	1000	724	5f24 5f24	828,9	OK
134	Piedr-DX	C	-5275,6	151,3	SLU	1000	724	5f24 5f24	992,2	OK
209	EstrSX-AR	D	-6191,3	8,2	SLU	1000	824	5f24 5f24	1553,1	OK
208	EstrDX-AR	E	-6002,4	36,3	SLU	1000	824	5f24 5f24	1581,7	OK
255	Mezz-AR	F	-5991,7	71,8	SLU	1000	824	5f24 5f24	1575,4	OK

Tabella 60 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	Combo	b_w [mm]	d [mm]	V_{Rd} [kN]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-3091,1	8,1	SLU	1000	724	570,7	OK
133	Piedr-SX	B	-5619,5	91,2	SLU	1000	724	570,7	OK
134	Piedr-DX	C	-5275,6	138,4	SLU	1000	724	570,7	OK
209	EstrSX-AR	D	-6191,3	47,2	SLU	1000	824	630,7	OK
208	EstrDX-AR	E	-6002,4	39,0	SLU	1000	824	630,7	OK
255	Mezz-AR	F	-5991,7	20,2	SLU	1000	824	630,7	OK

Tabella 61 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 193 di 288

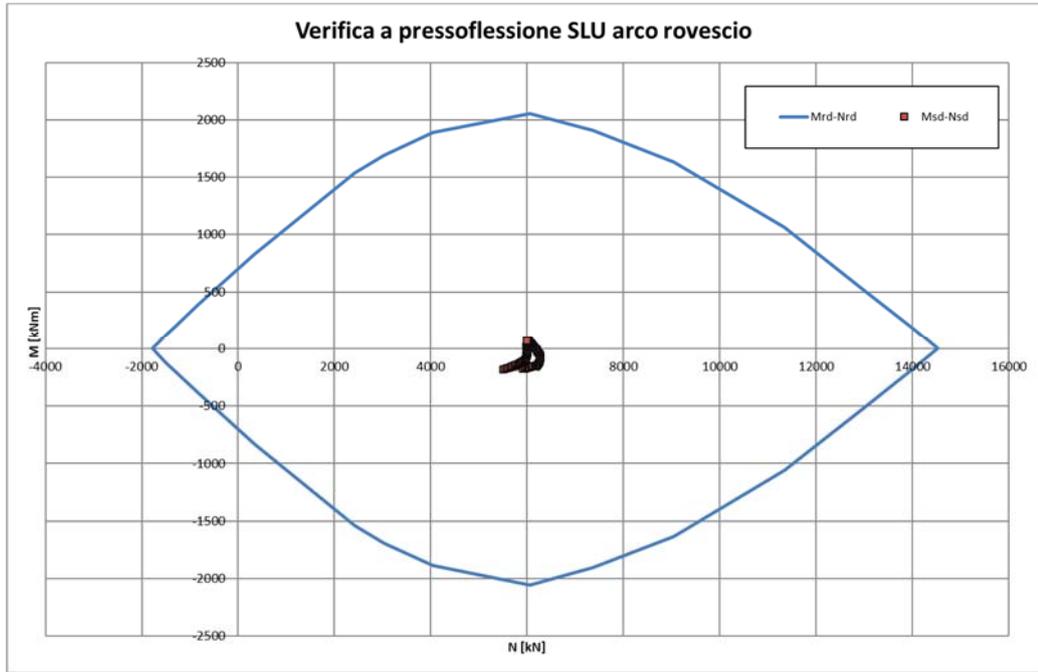


Figura 150 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,90 m)

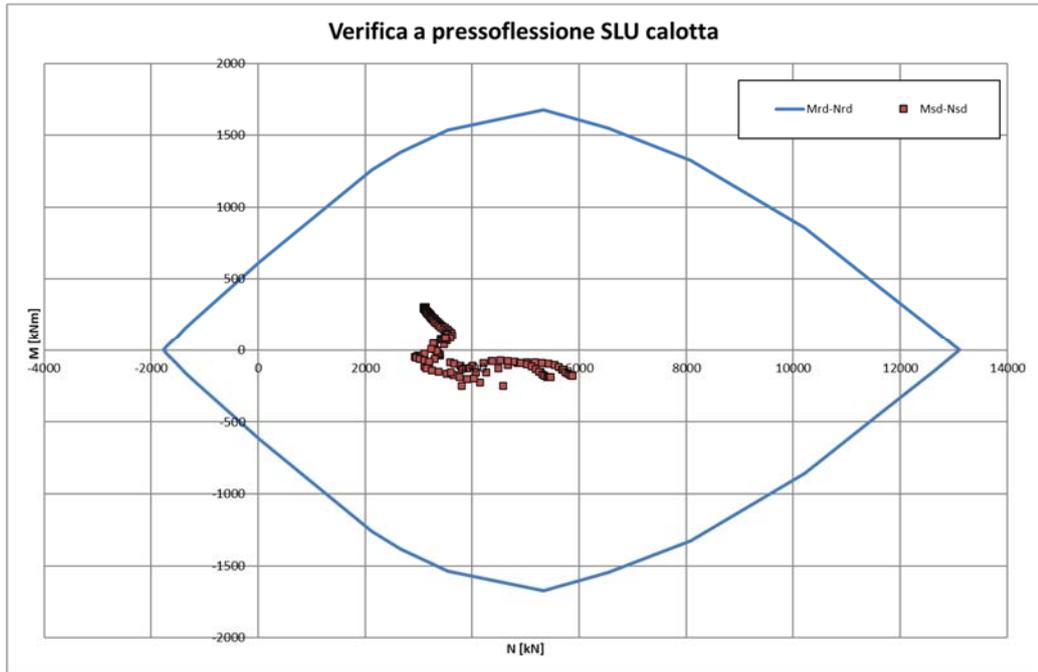


Figura 151 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 194 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

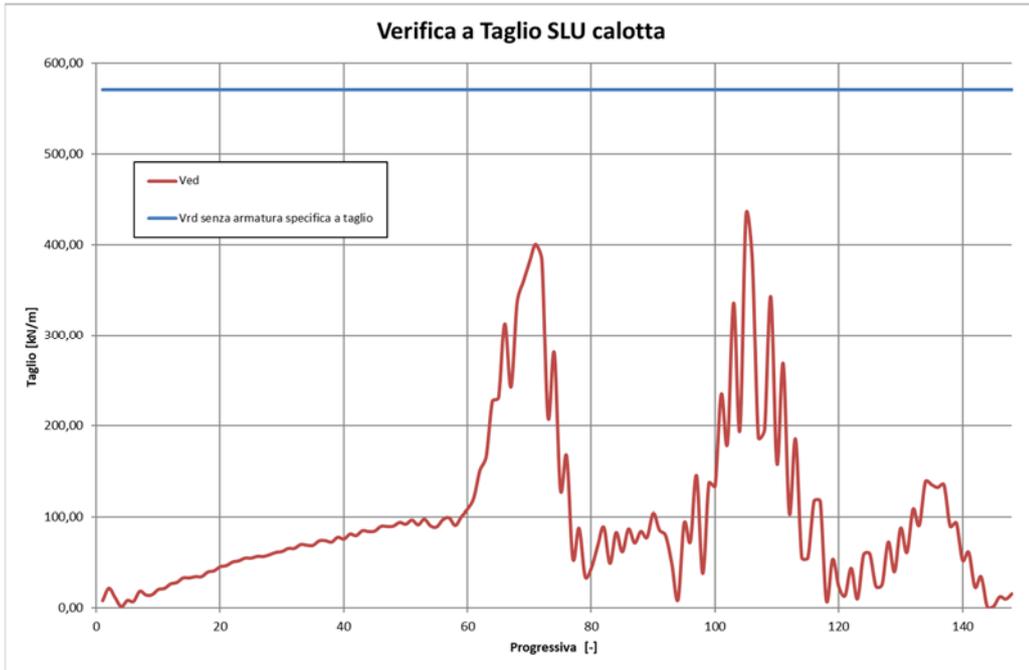


Figura 152 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,80 m)

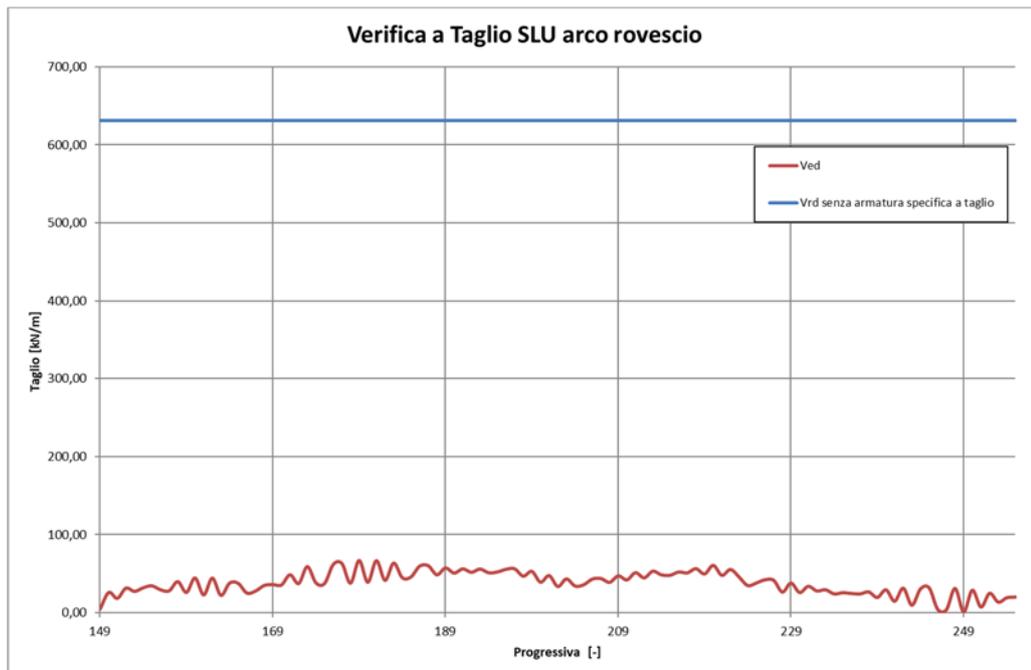


Figura 153 : Verifica a Taglio SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>195 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	195 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	195 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

Sebbene i rivestimenti definitivi non necessitino di armatura a taglio, si predispone ugualmente l'inserimento di un minimo di specifica armatura a taglio costituita da spille $\phi 12$ 3br/40cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 196 di 288

Verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine (Fase 11).

- Stato Limite di Fessurazione

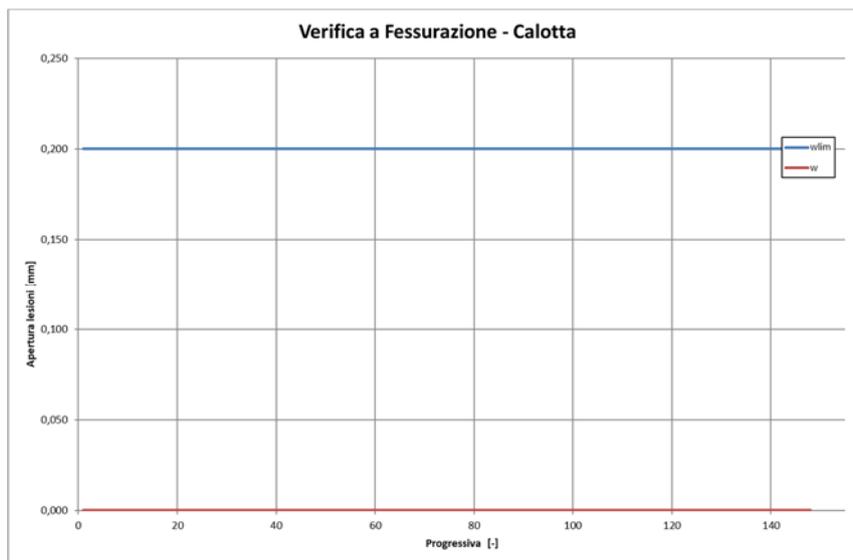


Figura 154 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza				
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 197 di 288



Figura 155 : Verifica SLE Fessurazione – Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 198 di 288

• Stato limite di Tensione

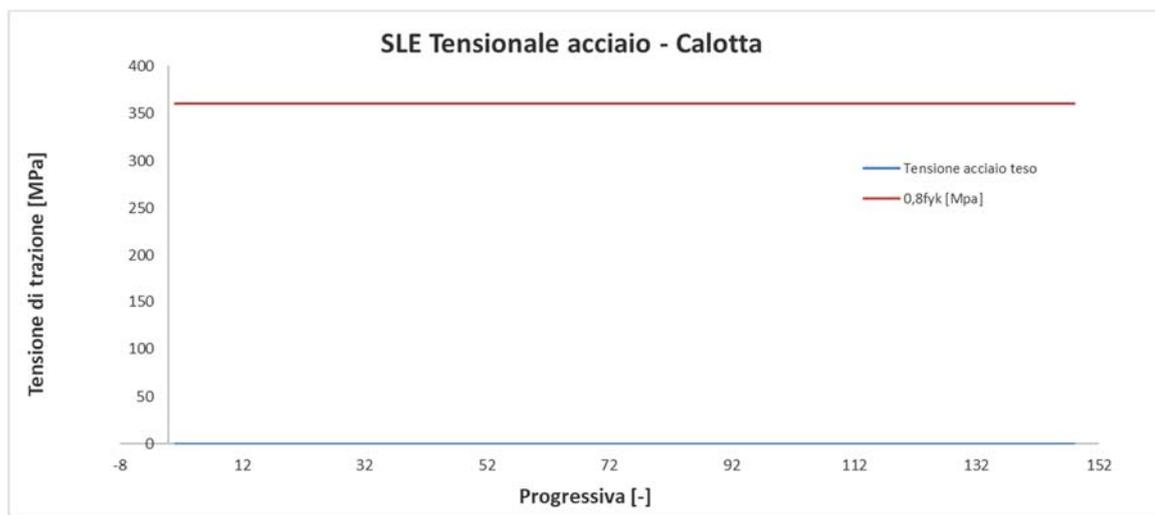


Figura 156 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=0,80 m)

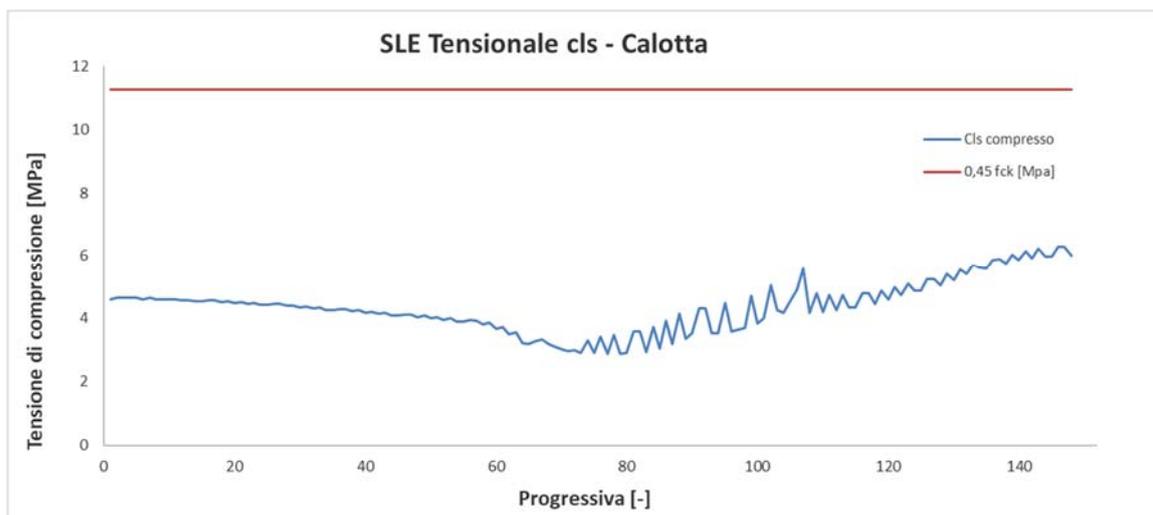


Figura 157 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo - Calotta (B=1,00 m, H=0,80 m)

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 199 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza						

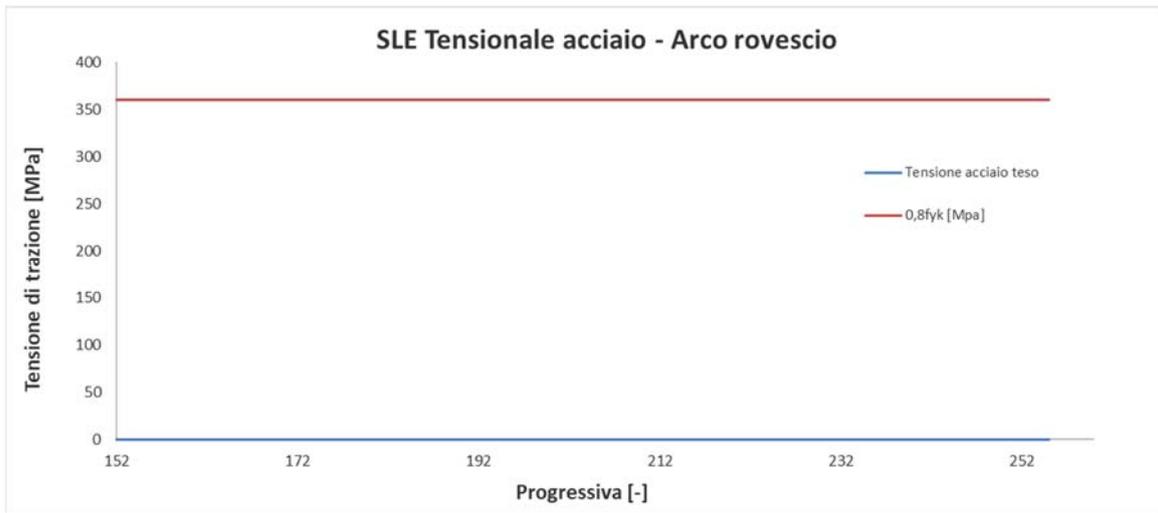


Figura 158 : Verifica SLE Tensionale acciaio– Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,90 m)

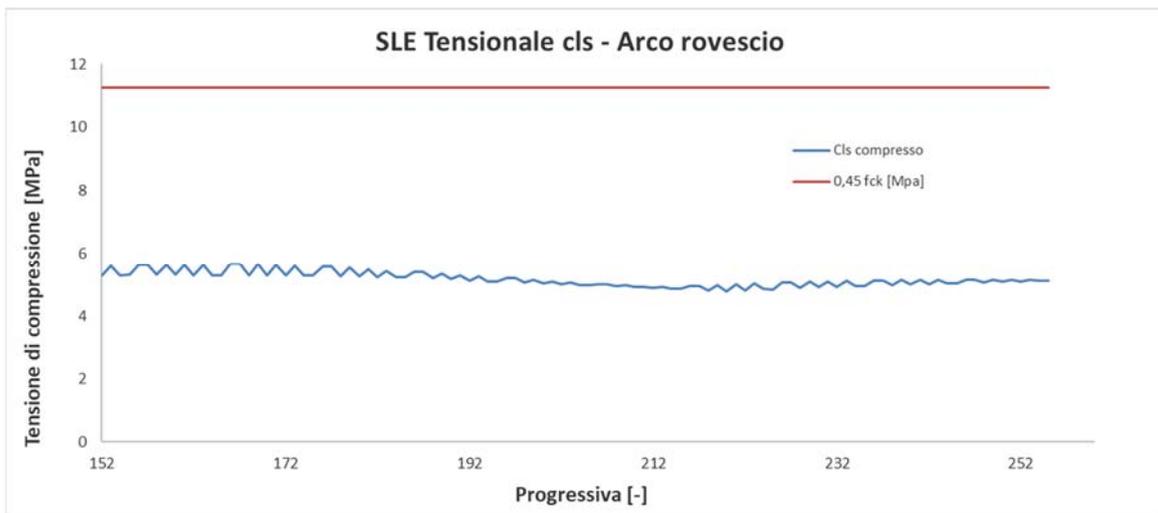


Figura 159 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo– Arco rovescio (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 200 di 288

A seguire si riporta l'incidenza delle armature necessario al soddisfacimento delle verifiche di sicurezza:

SPESSORE	0,8	CALOTTA				
Vc1s (m ²)	0,8	passo ripartitori	0,4	m		
γ acc (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m		
		passo spille long	0,333	m		
C2						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura principale	24	3,551	1	10	1,1	39,1
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6
armatura spille	12	0,888	0,7	7,51	1,1	5,1
					TOT fless	45,7
					TOT shear	5,1

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	60,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m ³)	70,00

SPESSORE	0,9	ARCO ROVESCIO				
Vc1s (m ²)	0,9	passo ripartitori	0,4	m		
γ acc (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m		
		passo spille long	0,333	m		
C2						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura principale	24	3,551	1	10	1,1	39,1
armatura long	14	1,208	1	5	1,1	6,6
armatura spille	12	0,888	0,8	7,5075075	1,1	5,9
					TOT fless	45,7
					TOT shear	5,9

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	55,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m ³)	65,00

Tabella 62 : Incidenza armatura sezione C2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 201 di 288

7.4.9 Analisi n. 5 Sezione C2p – (Pk 56+770) – Galleria di sfollamento PAS a livello del TdB

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della sezione C2p (con puntone in arco rovescio), che costituisce la sezione di prevalenza (70% minimo) per l'interasse del Punto Antincendio Sotterraneo (PAS) all'altezza del tunnel di base, in corrispondenza della progressiva 56+770, con una copertura massima in calotta di 180 m.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 160). Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. All'atto del getto del rivestimento definitivo, è stato simulato l'abbassamento del livello di falda a 50 m sopra calotta. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica delle pressioni neutre.

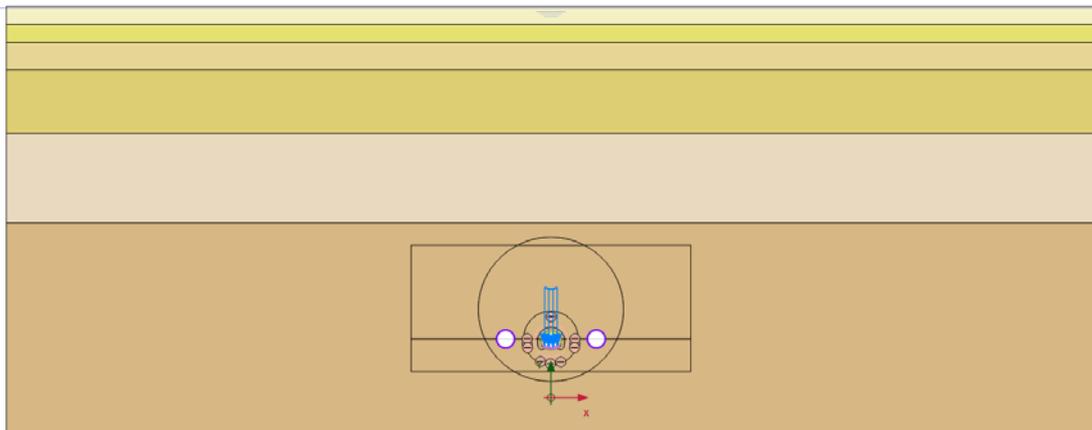


Figura 160 : modello geotecnico della sezione C2p

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 202 di 288

La Tabella 63 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 63 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35
STF2 5	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	120	22,0	90,0	27,0	2,0	0,8	1180,0	0,35
STF2 6	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	> 200	22,0	160,0	28,0	2,0	0,7	1260,0	0,35

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 600 m ed un'altezza complessiva di 280 m (Figura 161); i bordi sono stati collocati in modo da garantire una distanza sufficiente, relativamente alla copertura elevata. Inoltre, la loro distanza dalla galleria (>3D con D = diametro della galleria), assicura che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

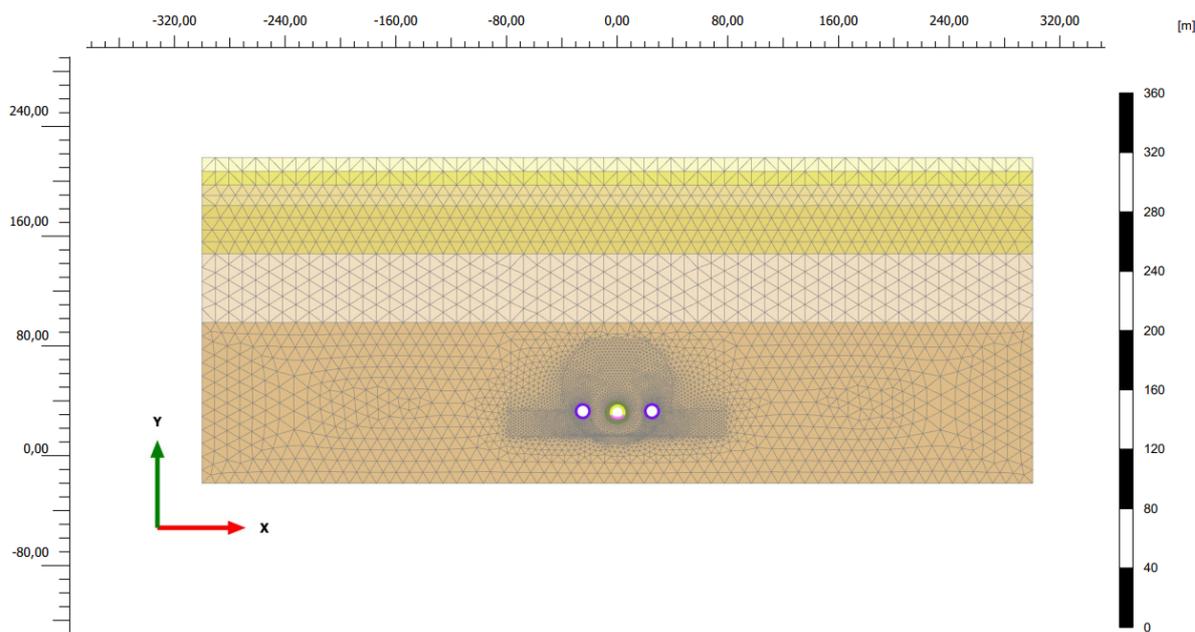


Figura 161 : modello di calcolo, sezione C2p - Geometria mesh

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 203 di 288

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB180 e spritz-betòn di spessore 30 cm con arco-puntone, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 64 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,30
Tipologia profilati	HEB 180 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	65,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	426
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	3 831

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e le reni è stato considerato uno spessore pari a 0,9 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,3 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta spessore di 1,1 m.

I modelli numerici in Figura 160 e in Figura 161 includono anche il passaggio delle canne sinistra e destra del tunnel di base, realizzate con scavo meccanizzato (TBM). La loro realizzazione, posticipata rispetto a quella della galleria di sfollamento del PAS a seguito di revisione del progetto definitivo, viene inclusa nell'analisi di terapia al fine di considerare l'impatto dello scavo meccanizzato sulle verifiche strutturali dei rivestimenti definitivi.

La fase finale, a seguito del passaggio di entrambe le canne, si configura quindi come la più rilevante per le giustificazioni strutturali.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 204 di 288

Fasi e percentuali di rilascio

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo.

La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte ("rilascio forze di scavo").

Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio riepilogate nella seguente Tabella, e ottenute sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.4.3.

Sempre nella seguente Tabella sono inoltre riportati i coefficienti di rilascio per le fasi di scavo meccanizzato delle canne sinistra e destra, realizzate dopo la posa della calotta e prima della fase finale di lungo termine. Per le fasi di scavo meccanizzato, è stato verificato che la convergenza prima dell'attivazione dello scudo della TBM non superasse il gap anulare: gli spostamenti ottenuti non superano in ordine di grandezza i 10 cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 205 di 288

Tabella 65 : Analisi 5, sezione C2p – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello	-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elasto-plastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 8 m)	0,30
3	Apertura del cavo	0,70
4	Installazione del rivestimento di prima fase	0,73
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,73
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,80
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,98
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette.	1,00
10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	1,00
11	Pre-convergenza canna SX	0,60

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 206 di 288

12	Convergenza canna SX (controllo di chiusura del gap anulare)	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo. In questa fase il fronte di scavo è a una distanza tale dalla sezione di analisi da avere la chiusura del gap anulare terreno-scudo radiale.	0,90
13	Attivazione scudo SX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo e l'attivazione dello scudo radiale	1,00
14	Pre-convergenza canna DX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'apertura del cavo. In questa fase la sezione di calcolo è esattamente rappresentativa della situazione al fronte di scavo della TBM.	0,60
15	Convergenza canna DX (controllo di chiusura del gap anulare)	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo. In questa fase il fronte di scavo è a una distanza tale dalla sezione di analisi da avere la chiusura del gap anulare terreno-scudo radiale.	0,90
16	Attivazione scudo DX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo e l'attivazione dello scudo radiale	1,00

LUNGO TERMINE			
17	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase e del consolidamento al contorno.	1,00
18	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre.	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 207 di 288

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.5 – sezione C2p. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 8 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 11.7 mm in calotta e 10.7 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 10.1 mm. In questa fase si osservano fenomeni di plasticizzazione al contorno del profilo di scavo.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 47.6 mm in calotta e 36.9 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 62.1 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione al contorno del profilo di scavo (d'ordine metrico).

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 54.8 mm mentre in arco rovescio è di circa 42.5 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 70.6 mm come valore massimo. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione più importante al contorno del profilo di scavo.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 56.2 mm mentre in arco rovescio è di circa 43.8 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 73 mm. In questa fase, non si assiste ad una variazione dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 57.8 mm mentre in arco rovescio è di circa 46.6 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 75.7 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>208 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	208 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	208 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

FASE 7

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 58.5 mm mentre in arco rovescio è di circa 48.2 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 76.9 mm. In questa fase, si assiste ad una debole riduzione dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100% (con oscillazioni dell'ordine del mm). Mentre, l'estensione della zona plastica presenta una riduzione rispetto alla fase precedente. Al termine delle fasi di carico sul rivestimento provvisorio, si può notare il contributo dell'elemento puntone in arco rovescio, che consente di mantenere gli spostamenti in questa zona sistematicamente inferiore rispetto a quelli in calotta.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100%. Mentre, l'estensione della zona plastica presenta una riduzione rispetto alla fase precedente.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Mentre, l'estensione della zona plastica presenta una riduzione rispetto alla fase precedente. Viene simulato inoltre l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50m sopra calotta.

FASE 11

Viene simulata la preconvergenza dovuta al passaggio meccanizzato della canna sinistra (diametro di scavo = 9,92 m). Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 64.2 mm mentre in arco rovescio è di circa 44.4 mm, mentre lo spostamento orizzontale in piedritto è dell'ordine dei 78.6 mm. In questa fase, si assiste a una ripresa moderata della plasticizzazione intorno al cavo della galleria di sfollamento, particolarmente in direzione orizzontale, non interessante la coronella di terreno consolidato.

FASE 12

Viene simulata la convergenza dovuta all'arrivo della fresa della canna sinistra. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 94 mm mentre in arco rovescio e piedritti rimane sostanzialmente invariato rispetto alla fase precedente. In questa fase, si assiste a un incremento della plasticizzazione intorno al cavo della galleria di sfollamento, particolarmente in direzione orizzontale, non interessante la coronella di terreno consolidato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 209 di 288

FASE 13

Viene attivato lo scudo della TBM della canna sinistra. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Ugualmente, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

FASE 14

Viene simulata la preconvergenza dovuta al passaggio meccanizzato della canna destra (medesimo diametro di scavo = 9,92 m). Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 99.1 mm mentre in arco rovescio resta all'incirca pari al valore di 48.3 mm. Un leggero incremento, fino a 87.6 mm, si registra per spostamento orizzontale in piedritto. In questa fase, si assiste a una ripresa moderata della plasticizzazione intorno al cavo della galleria di sfollamento, particolarmente in direzione orizzontale, non interessante la coronella di terreno consolidato.

FASE 15

Viene simulata la convergenza dovuta all'arrivo della fresa della canna destra. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 11,1 cm mentre in arco rovescio e piedritti rimane sostanzialmente invariato rispetto alla fase precedente. Analogamente alla fase 12, In questa fase, si assiste a un incremento della plasticizzazione intorno al cavo della galleria di sfollamento, particolarmente in direzione orizzontale, non interessante la coronella di terreno consolidato.

FASE 16

Viene attivato lo scudo della TBM della canna destra. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Ugualmente, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

FASE 17

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio e il consolidamento al contorno. In questa fase si osserva lo sviluppo di una fascia plastica intorno al rivestimento definitivo.

FASE 18

In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 210 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidità assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

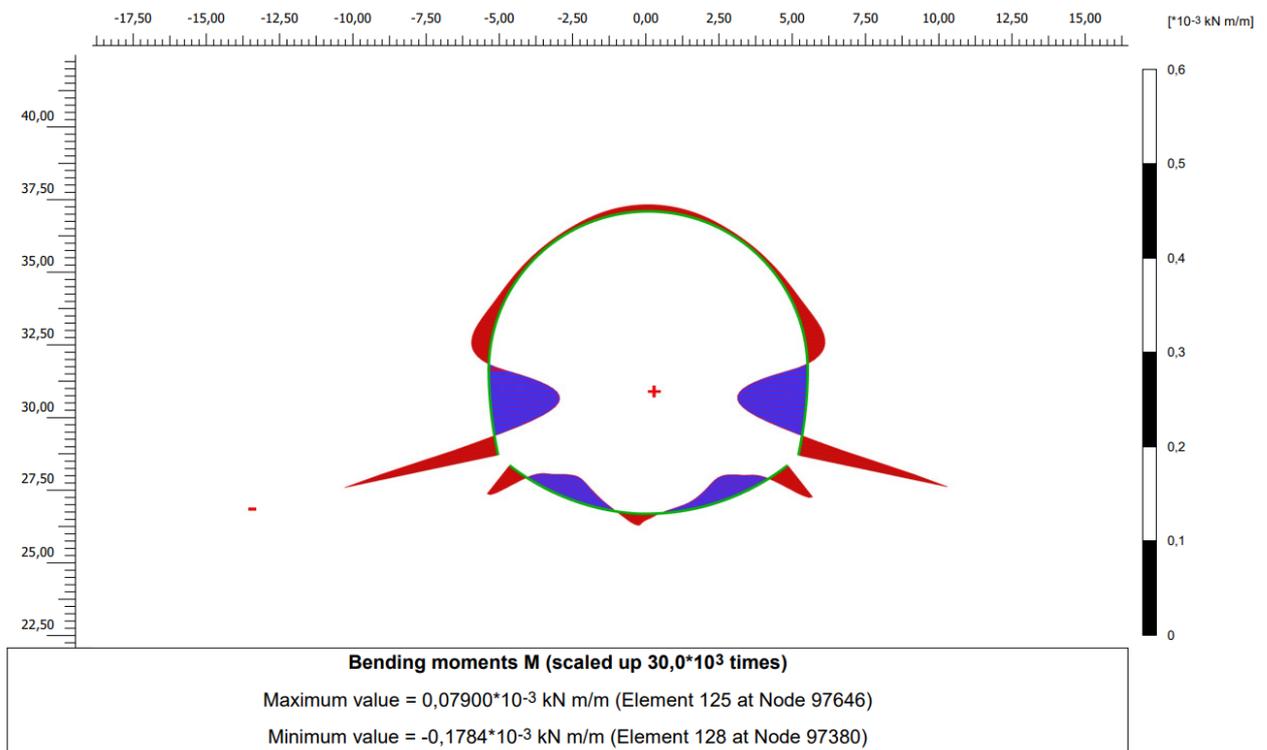


Figura 162 : Andamento Momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 211 di 288

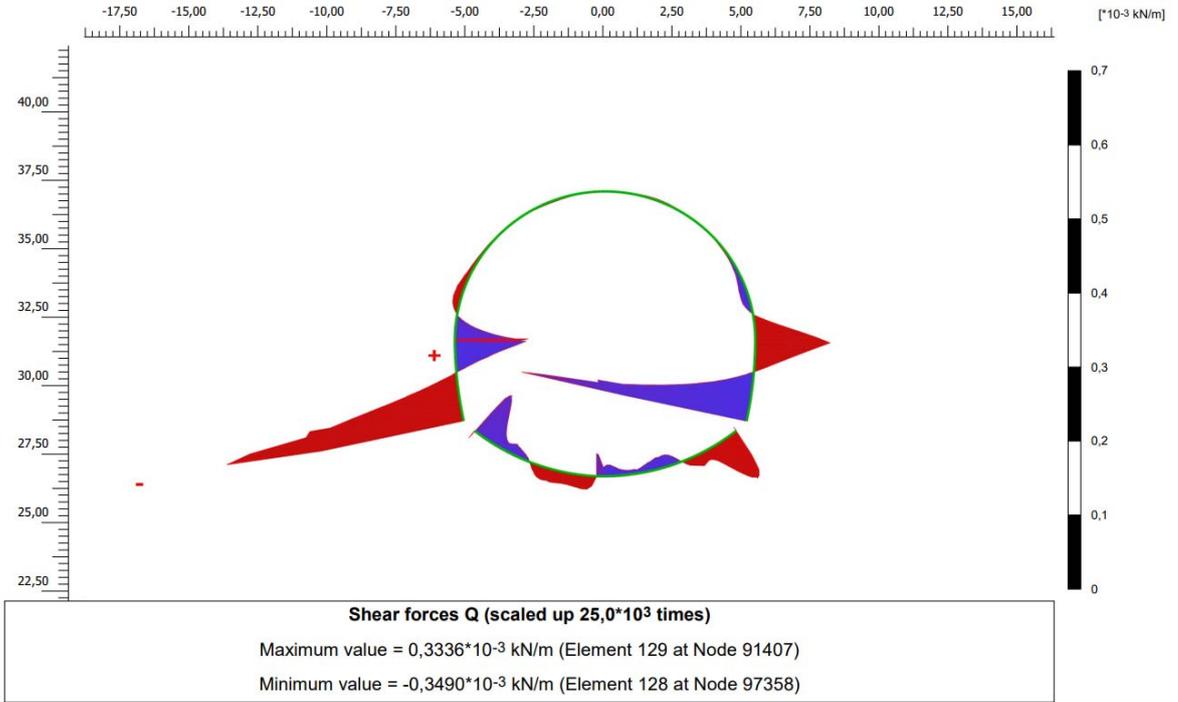


Figura 163 : Andamento taglio (fase 8)

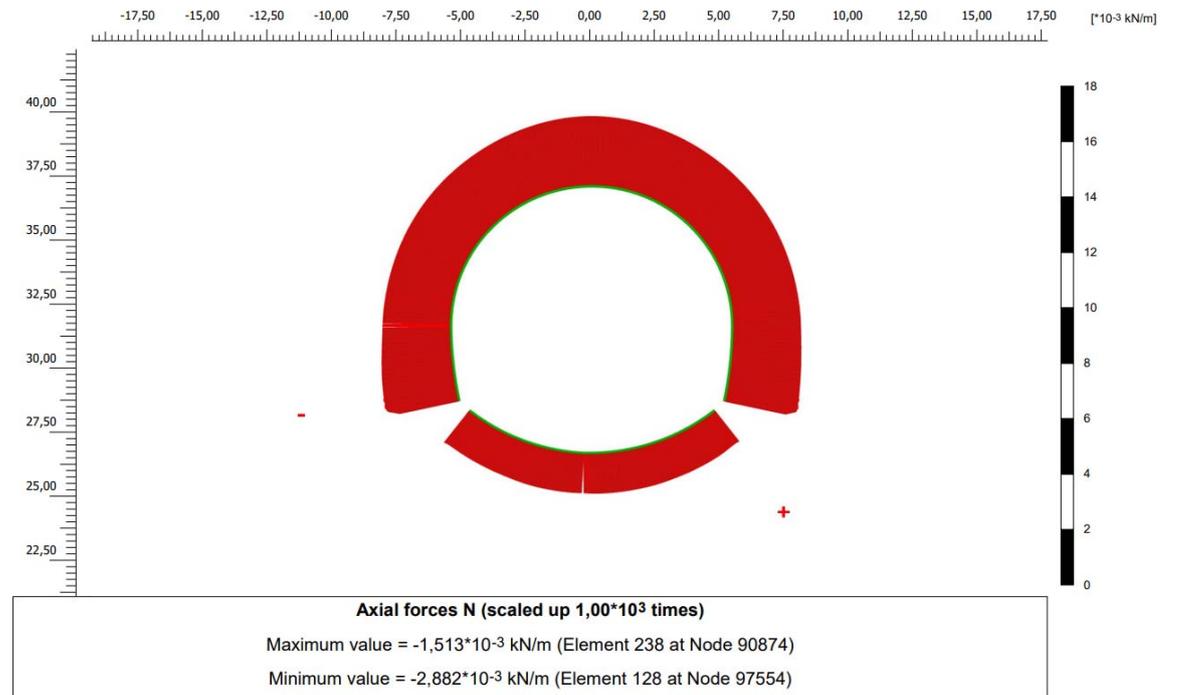


Figura 164 : Andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 212 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica. Le zone di grafico a sforzi nulli corrispondono alle parti di appoggio delle centine, alla base delle murette – da un punto di vista numerico, caratterizzati da picchi di sforzo non corrispondenti alle condizioni reali.

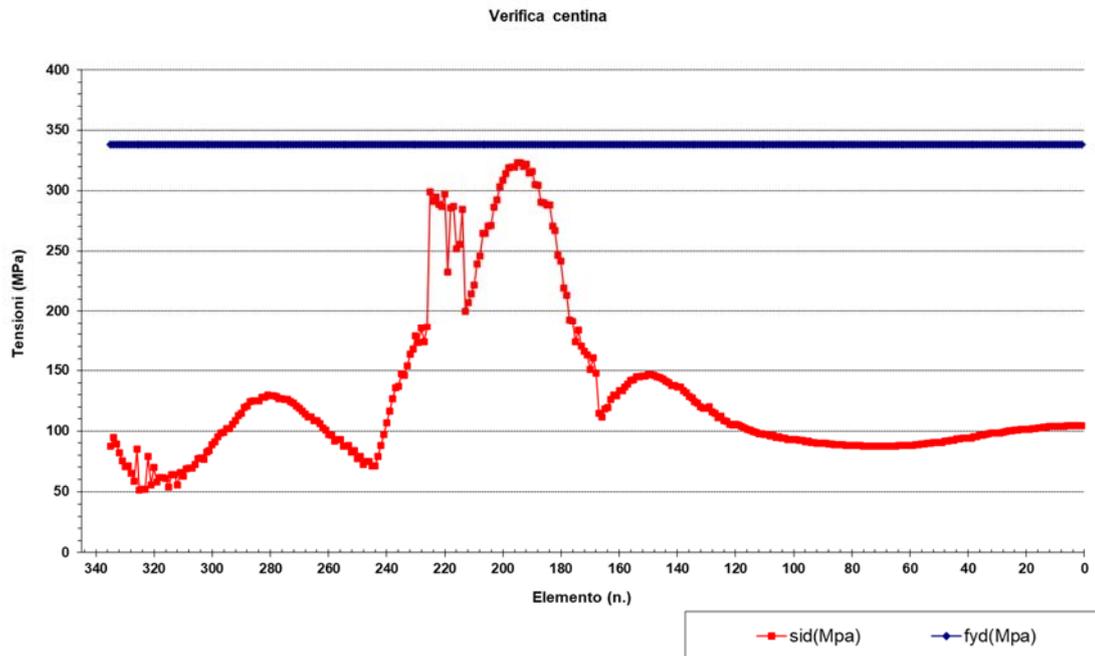


Figura 165 : Verifica SLU Tensiomì centina HEB300 (fase 8)

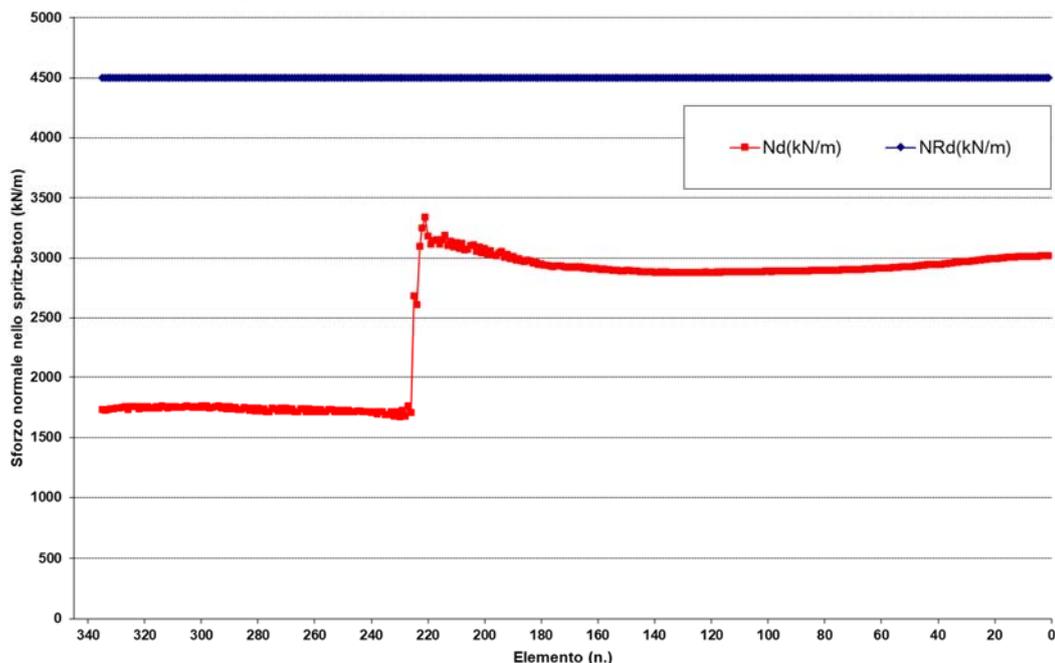


Figura 166 : Verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 30 cm (fase 8)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 213 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

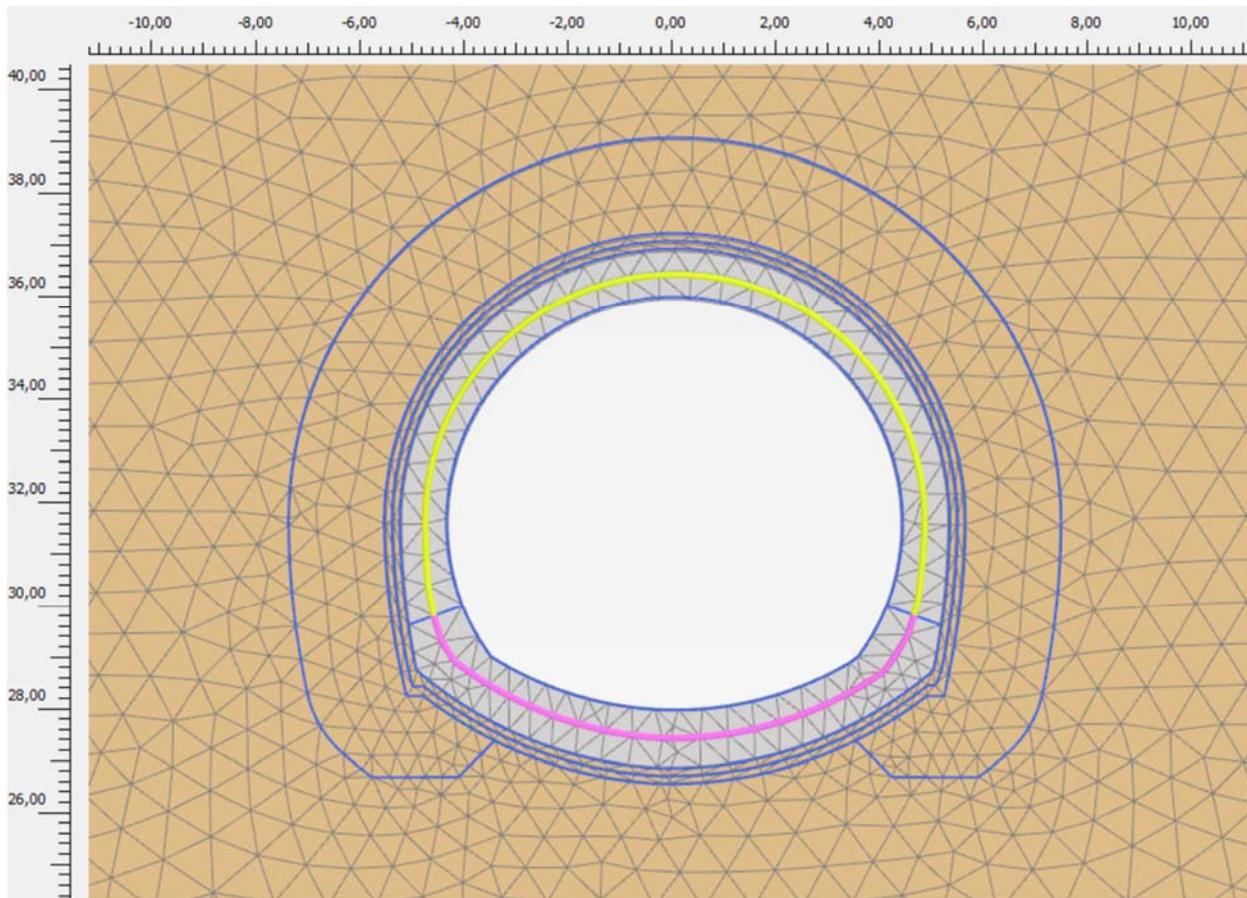


Figura 167 : Rivestimento definitivo – Fase 11

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

La calotta è armata con $10\phi 22/m$ sia in intradosso che in estradosso, mentre le murette e l'arco rovescio sono armati con $10\phi 24/m$ sia in intradosso che in estradosso.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm e con un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 214 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No. 17 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

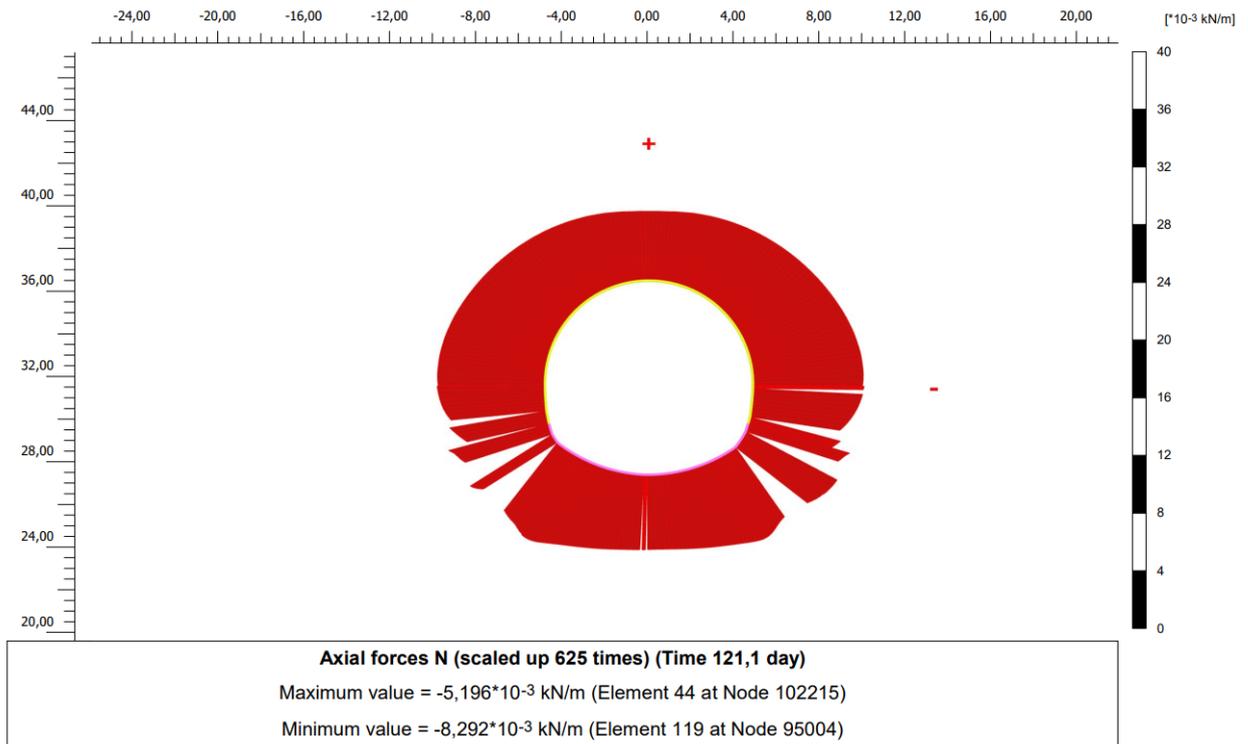


Figura 168 : Andamento sforzo normale – Fase 17

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 215 di 288

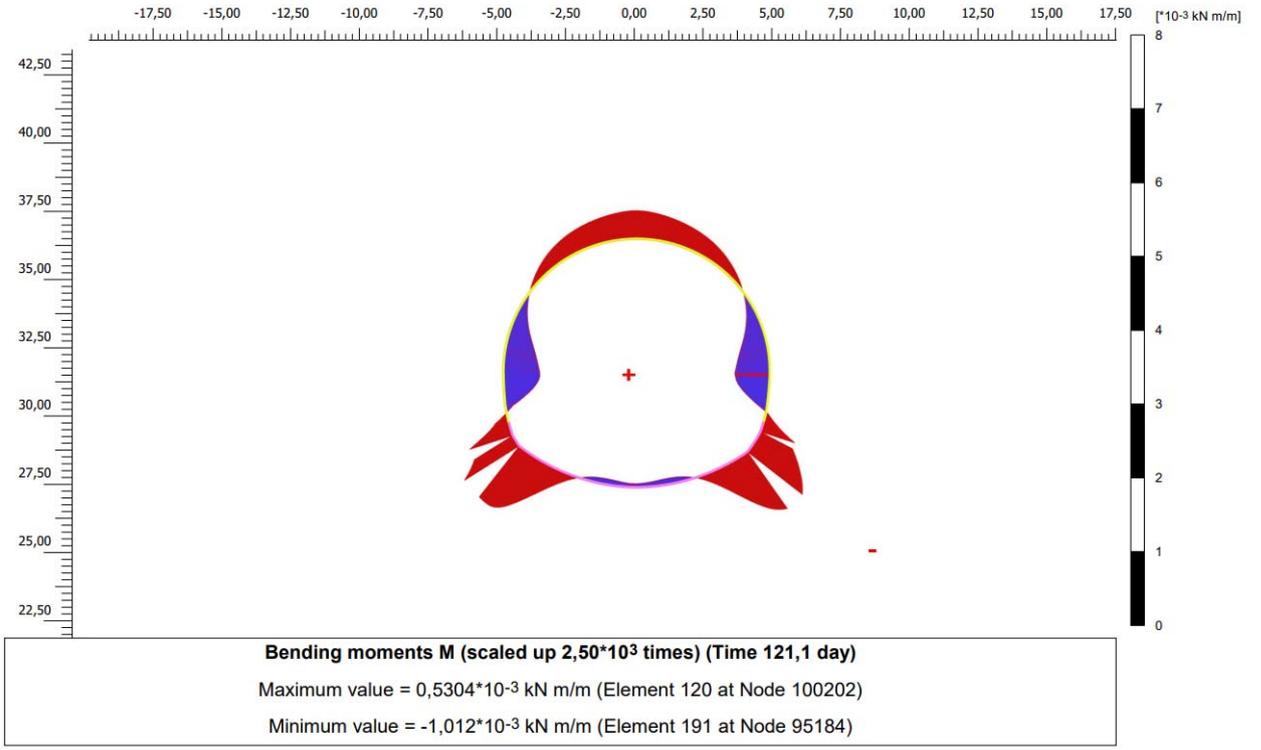


Figura 169 : Andamento momento flettente – Fase 17

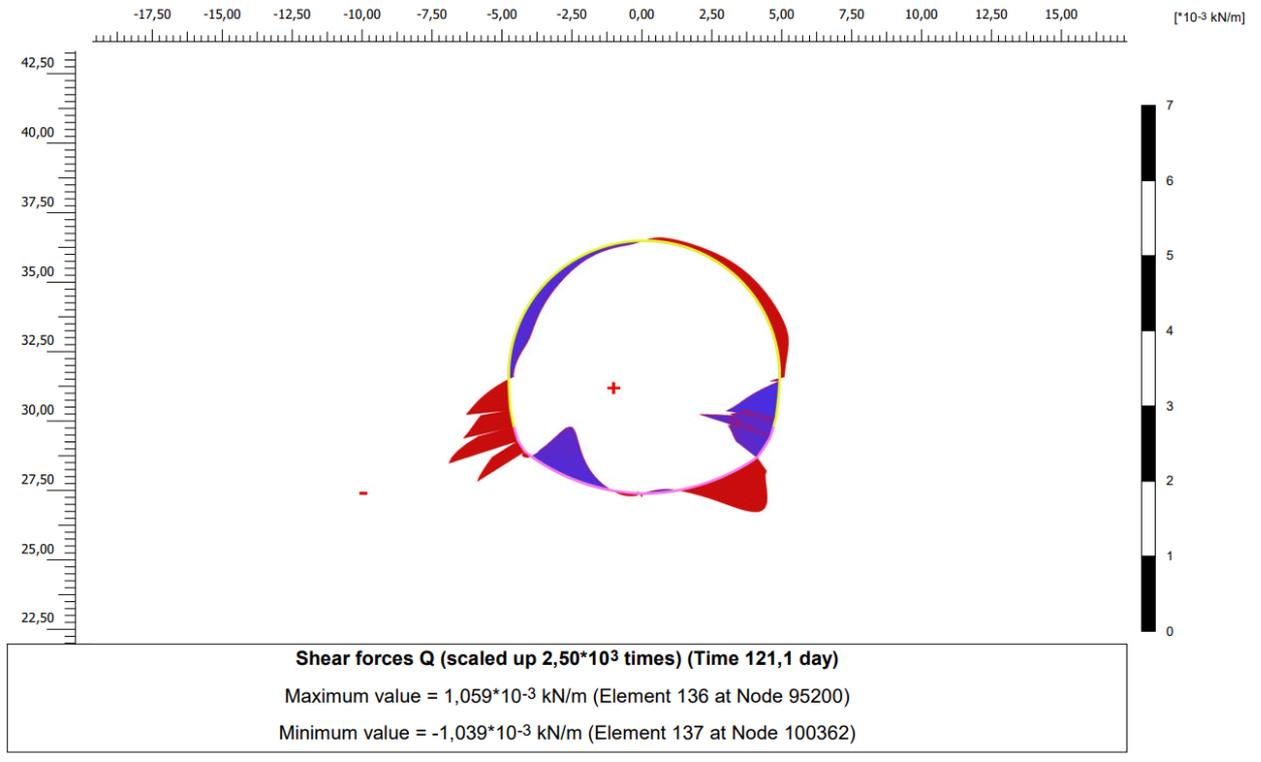


Figura 170 : Andamento taglio – Fase 17

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 216 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU):

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-6754,7	536,0	SLU	1000	825	10f22 10f22	2408,1	OK
207	Base-SX-AR	B	-9058,8	1014,1	SLU	1000	1024	10f24 10f24	3466,8	OK
210	Base-DX-AR	C	-8800,2	1115,2	SLU	1000	1024	10f24 10f24	3519,3	OK
280	Mezz-AR	D	-7765,9	100,7	SLU	1000	1024	10f24 10f24	3719,5	OK

Tabella 66 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]	Verifica
1	Mezz-CA	A	-6754,7	4,0	SLU	1000	825	684,3	OK
207	Base-SX-AR	B	-9058,8	839,8	SLU	1000	1024	829,8	NO
210	Base-DX-AR	C	-8800,2	954,4	SLU	1000	1024	829,8	NO
280	Mezz-AR	D	-7765,9	69,8	SLU	1000	1024	829,8	OK

Tabella 67 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 217 di 288

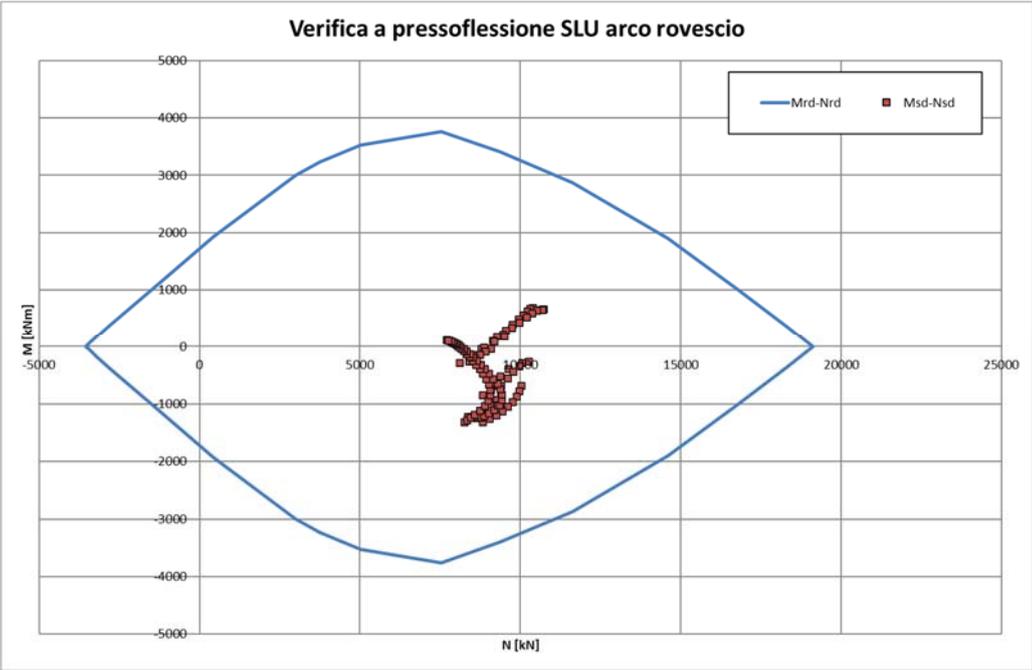


Figura 171 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

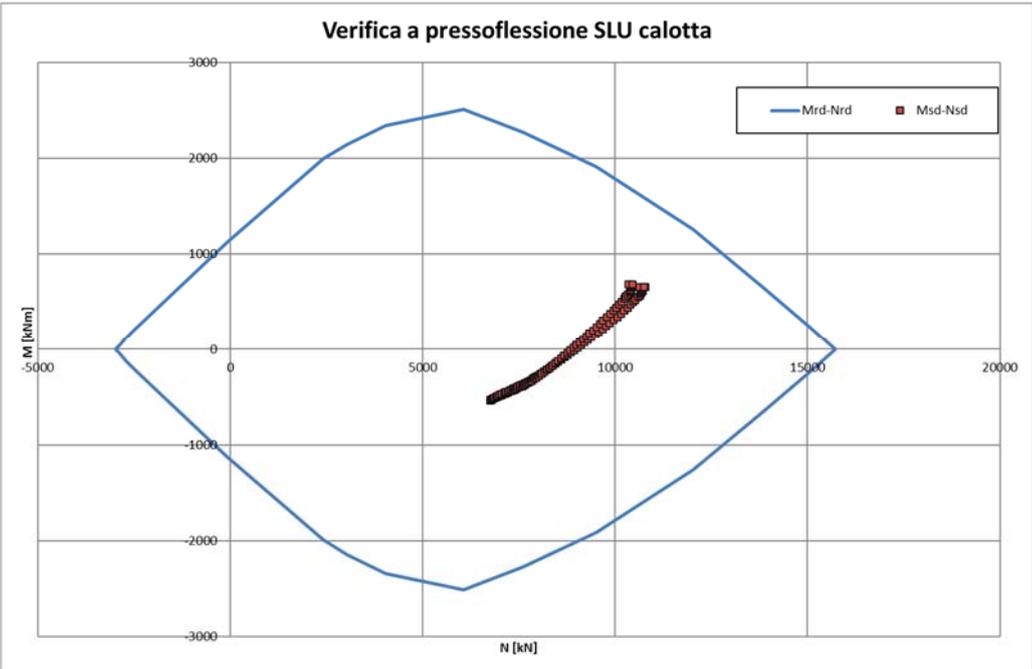


Figura 172 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 218 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

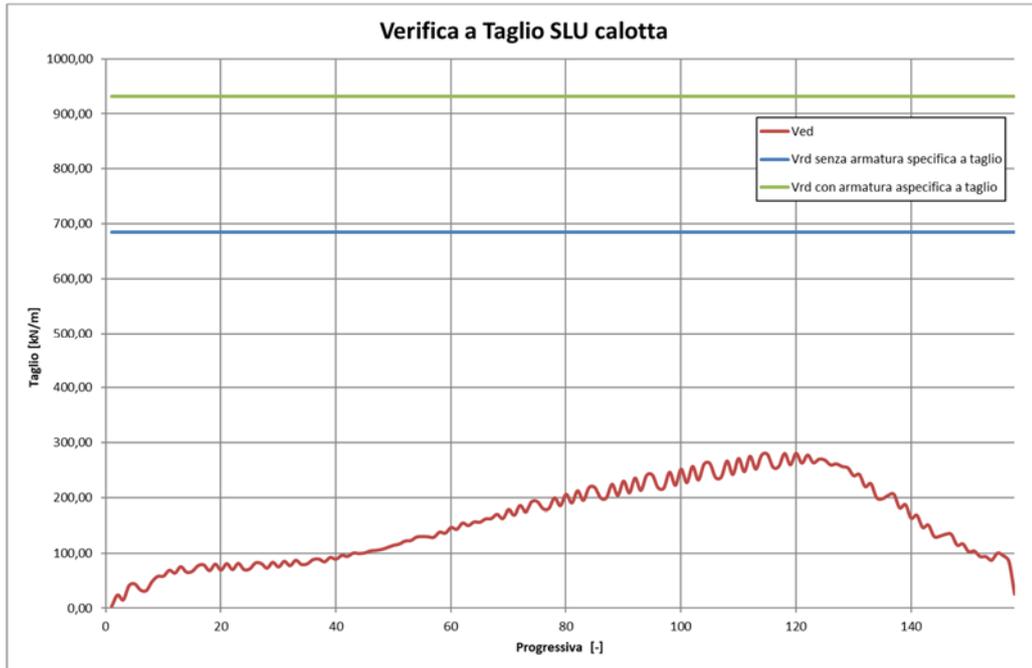


Figura 173 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=0,90 m)

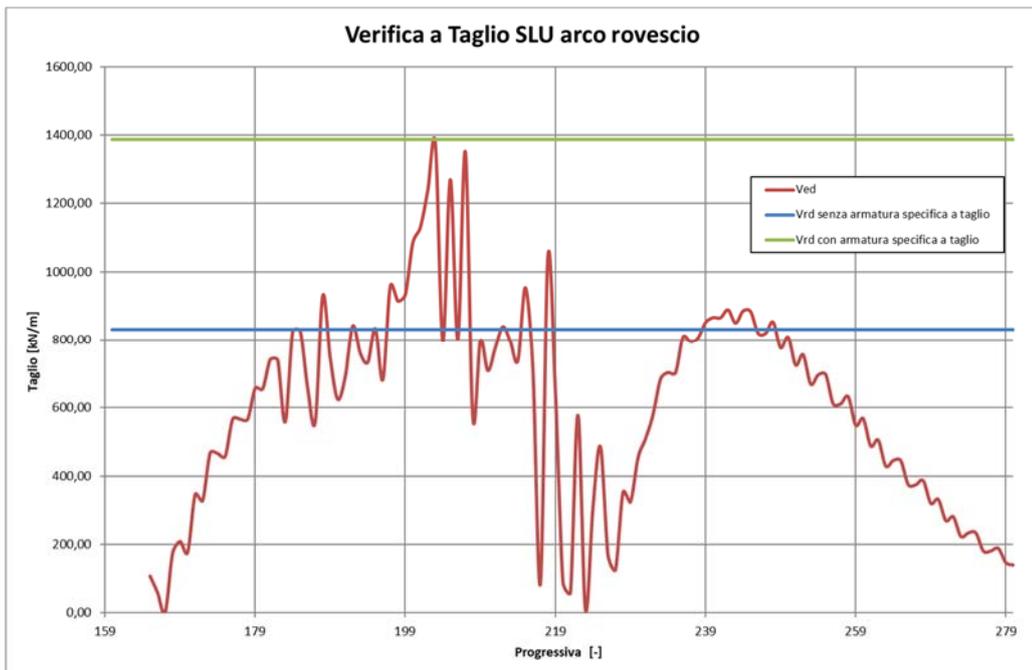


Figura 174 : Verifica a Taglio SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

Si prevede pertanto l'inserimento di specifica armatura a taglio costituita da $\phi 14$ 4b/40cm.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 219 di 288

Si riporta di seguito l'esito della verifica a taglio in forma tabellare eseguita per le sezioni maggiormente sollecitate:

<i>Frame</i>	<i>Sezione</i>	<i>Nodo</i>	V_{Ed} [kN]	<i>Combo</i>	A_{sw}/s [mm ² /m]	b_w [mm]	d [mm]	V_{Rd} [kN]	<i>Verifica</i>
1	Mezz-CA	A	4,0	SLU	1282,8	1000	825	931,8	OK
207	Base-SX-AR	B	839,8	SLU	1282,8	1000	1024	1156,5	OK
210	Base-DX-AR	C	954,4	SLU	1282,8	1000	1024	1156,5	OK
280	Mezz-AR	D	69,8	SLU	1282,8	1000	1024	1156,5	OK

Tabella 68 : Estratto verifiche a taglio ($\phi 14$ 4b/40cm)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 220 di 288

Verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine (Fase 17).

- Stato Limite di Fessurazione

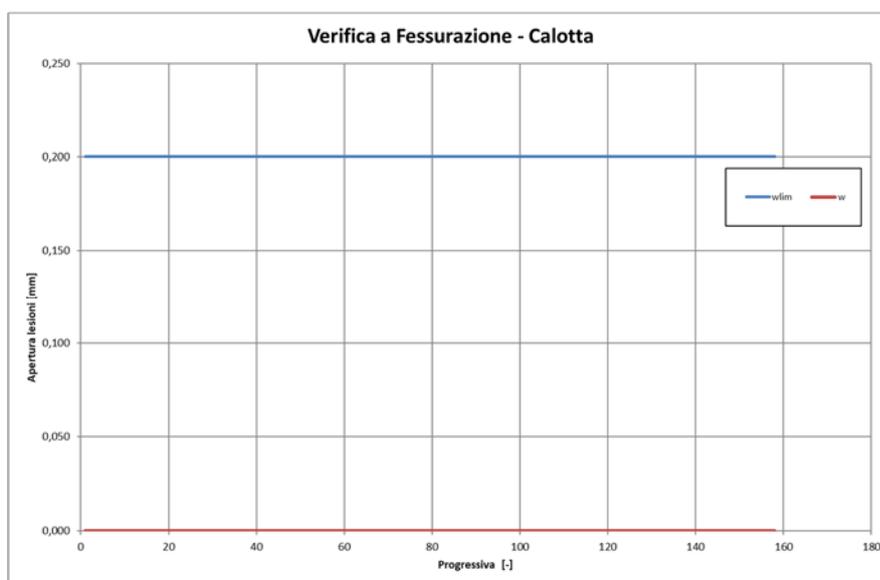


Figura 175 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 221 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza						

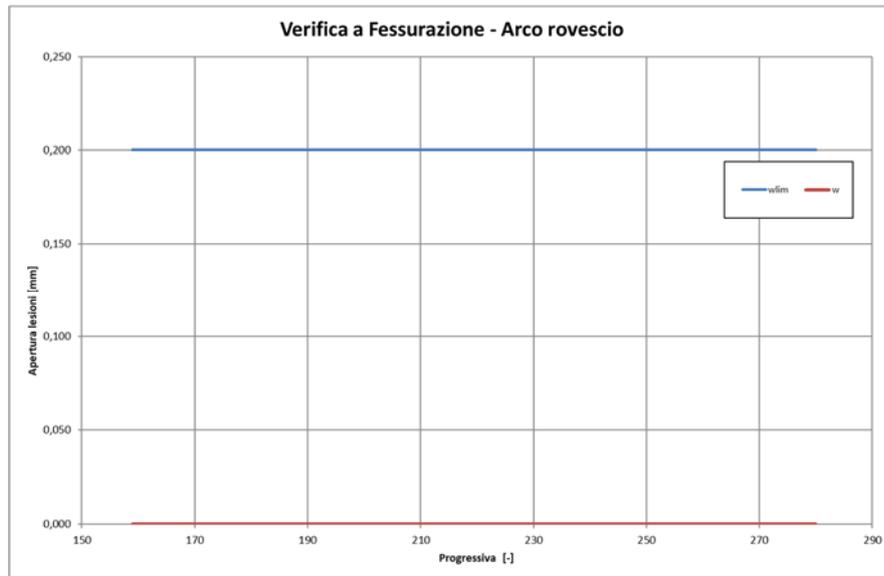


Figura 176 : Verifica SLE Fessurazione – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 222 di 288

- Stato limite di Tensione

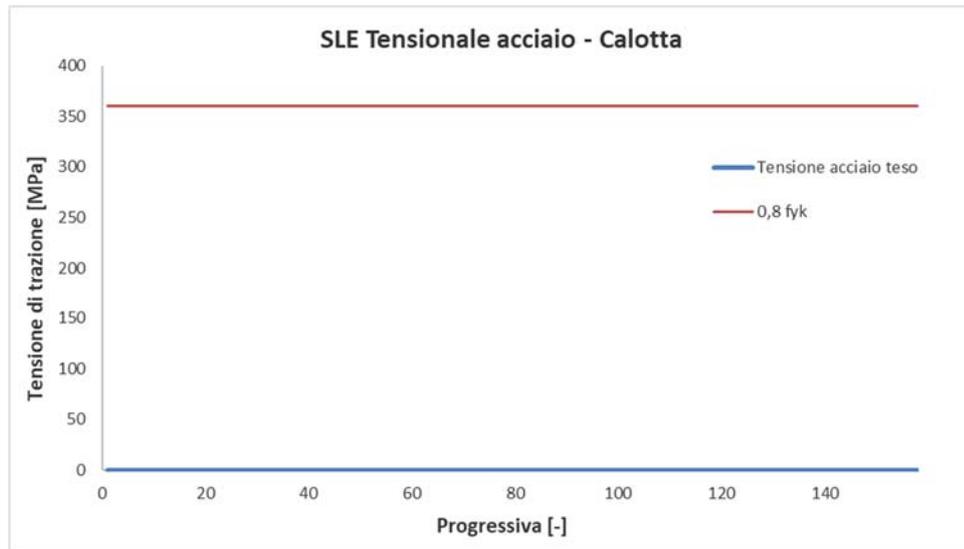


Figura 177 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=0,90 m)

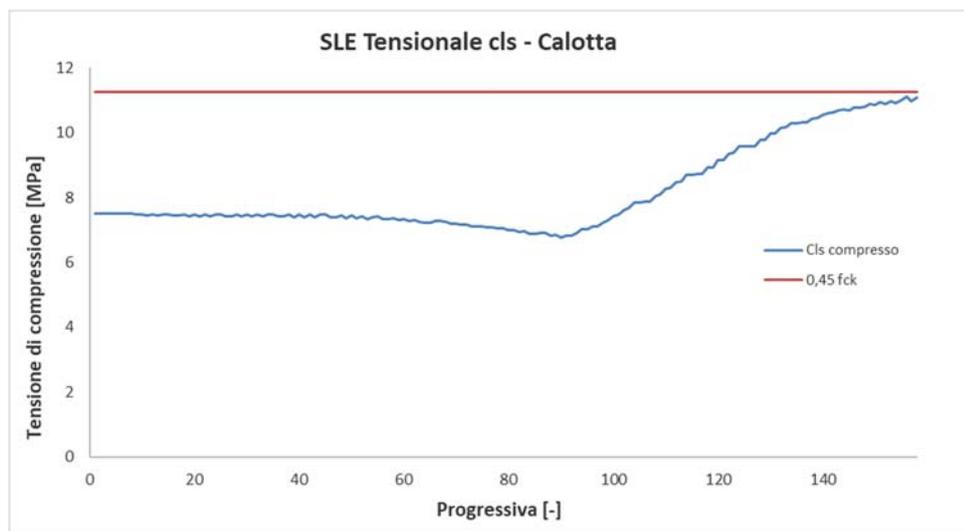


Figura 178 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo - Calotta (B=1,00 m, H=0,90 m)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 223 di 288

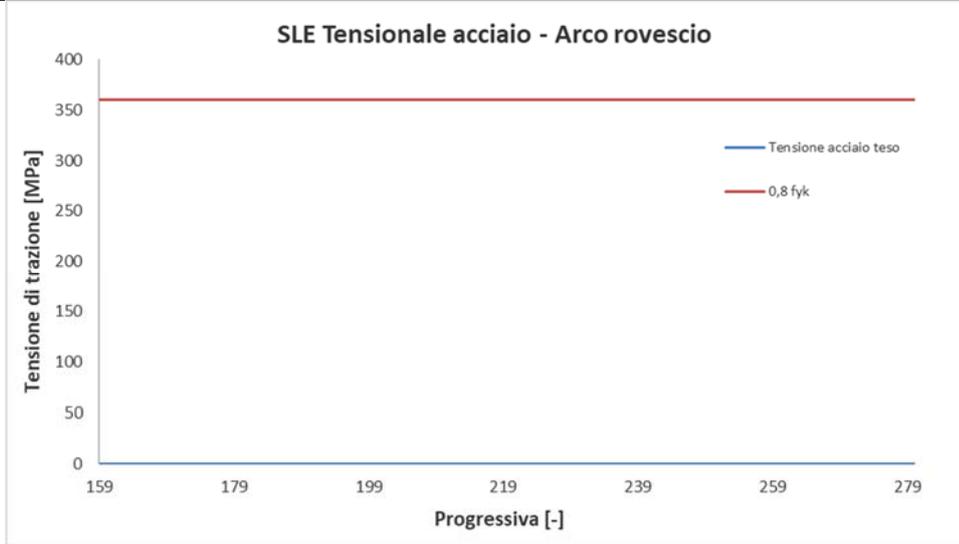


Figura 179 : Verifica SLE Tensionale acciaio – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10 m)



Figura 180 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,10)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 224 di 288

A seguire si riporta il calcolo della struttura di sostegno da predisporre in corrispondenza dell'intersezione tra la finestra F1 d'emergenza – rappresentata dalla sezione C2p – ed i bypass di esodo delle gallerie realizzate in meccanizzato.

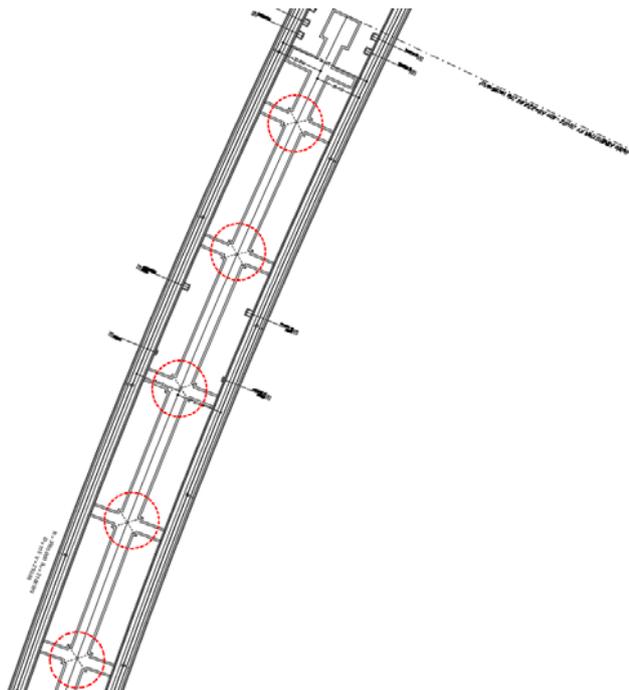


Figura 181 : Vista planimetrica – Intersezione finestra F1 con i bypass d'esodo

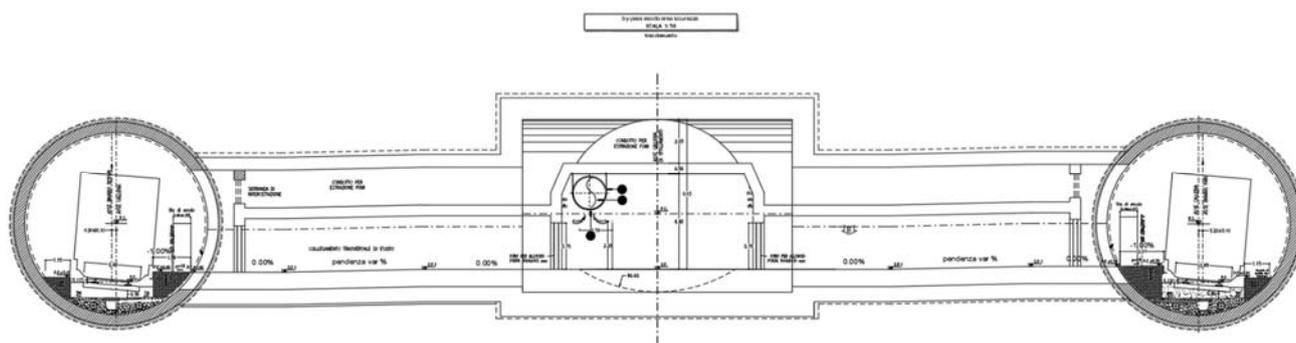


Figura 182 : Vista in sezione – Intersezione finestra F1 con i bypass d'esodo

Si riportano di seguito le progressive del progetto oggetto di interesse:

- Pk 56+704.760
- Pk 56+625.880
- Pk 56+547.000
- Pk 56+468.120
- Pk 56+389.240

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 225 di 288

Il modello strutturale ad elementi finiti della struttura è stato analizzato attraverso il programma Sap2000 v23. Questo programma di calcolo automatico risolve strutture spaziali schematizzate con elementi finiti in campo elastico/plastico. In particolare, si evidenzia che il programma utilizzato si basa su un metodo grafico interattivo di modellazione strutturale tridimensionale che permette di schematizzare in elementi finiti strutture costituite da travi, pilastri e setti. Ad ogni singolo elemento, vengono assegnate dunque le caratteristiche geometriche della sezione, le proprietà meccaniche del materiale ed il carico di competenza.

Si riporta di seguito una vista estrusa del modello numerico 3D realizzato:

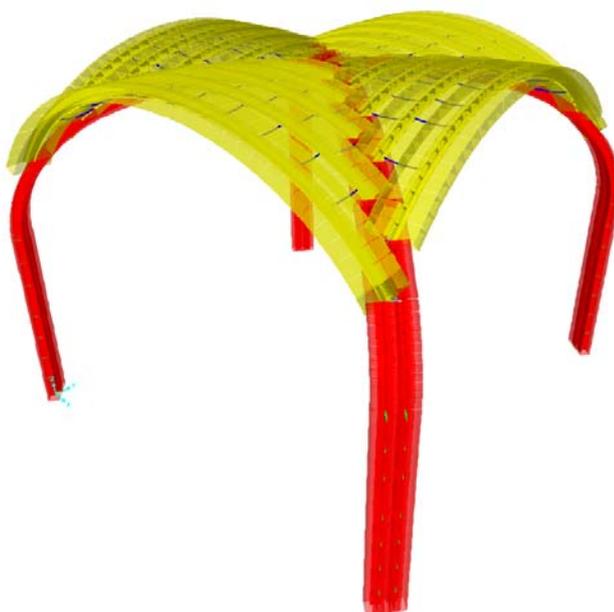


Figura 183 : Modello strutturale – vista estrusa

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 226 di 288

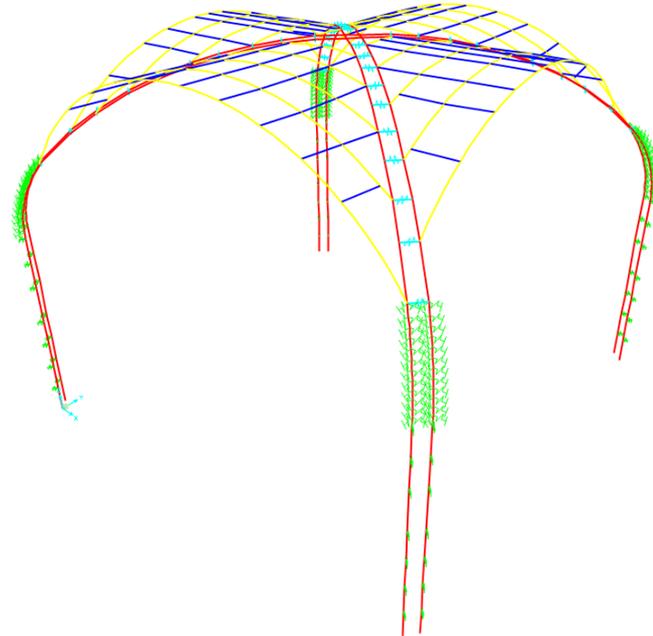


Figura 184 : Modello strutturale - unifilare

Il sistema strutturale consiste in coppie di profili HEB240 sagomati a formare delle crociere disposte a croce, al di sopra delle crociere poggiano delle centine HEB200 avente sviluppo variabile e poste ad interasse 1m, collegate tra loro a mezzo di calastrelli $\phi 20$.

Nello specifico, per ciò che concerne i profili HEB200 (Centinini) si sono utilizzati elementi tipo “beam” con gli opportuni end-release, svincolando determinati gradi di libertà, al fine di cogliere al meglio il comportamento strutturale in relazione ai collegamenti tra i profili presenti nel progetto.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 227 di 288

La modellazione del problema, con l'intento di riprodurre al meglio la rigidezza strutturale, ha previsto inoltre la modellazione della sezione composta centine + spritz-beton spessore 30cm.

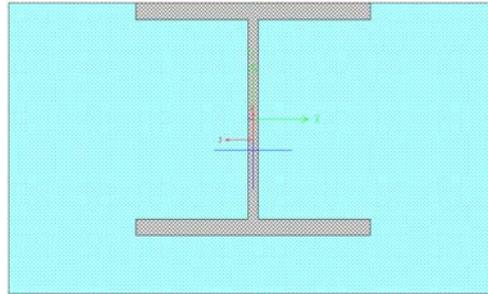


Figura 185 : Sezione composta HEB240 + spritz-beton 30cm

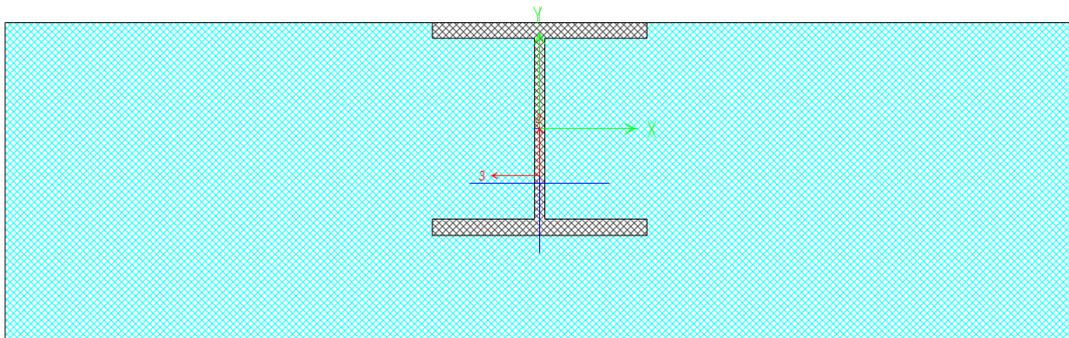


Figura 186 : Sezione composta HEB200 + spritz-beton 30cm

Per i profili in acciaio è stato utilizzato un grado S355, mentre per lo spritz-beton una classe di resistenza C25/30.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 228 di 288

Condizioni vincolari e carichi applicati:

Per ciò che concerne le condizioni di vincolo, sono stati adottati dei vincoli a cerniera alla base delle crociere HEB240. Mentre l'interazione col terreno circostante è stata simulata con delle molle elastico-lineari disposte lungo le crociere a partire dal piede fino al tratto curvilineo, avente rigidezza determinata a partire dal modulo elastico operativo mezzo impiegato nell'analisi numerica geotecnica, ovvero di 1200 MPa.

Il carico da applicare alle centine del modello strutturale è stato stimato come differenza della tensione verticale totale esistente in calotta all'atto dell'installazione della centina nel modello geotecnico PLAXIS, relativamente alla sezione C2p, e quello presente a 28 giorni di maturazione dello spritz-betòn.

A seguire si riportano i valori della tensione verticale totale σ_{yy} in calotta letto nei 2 istanti temporali sopracitati:

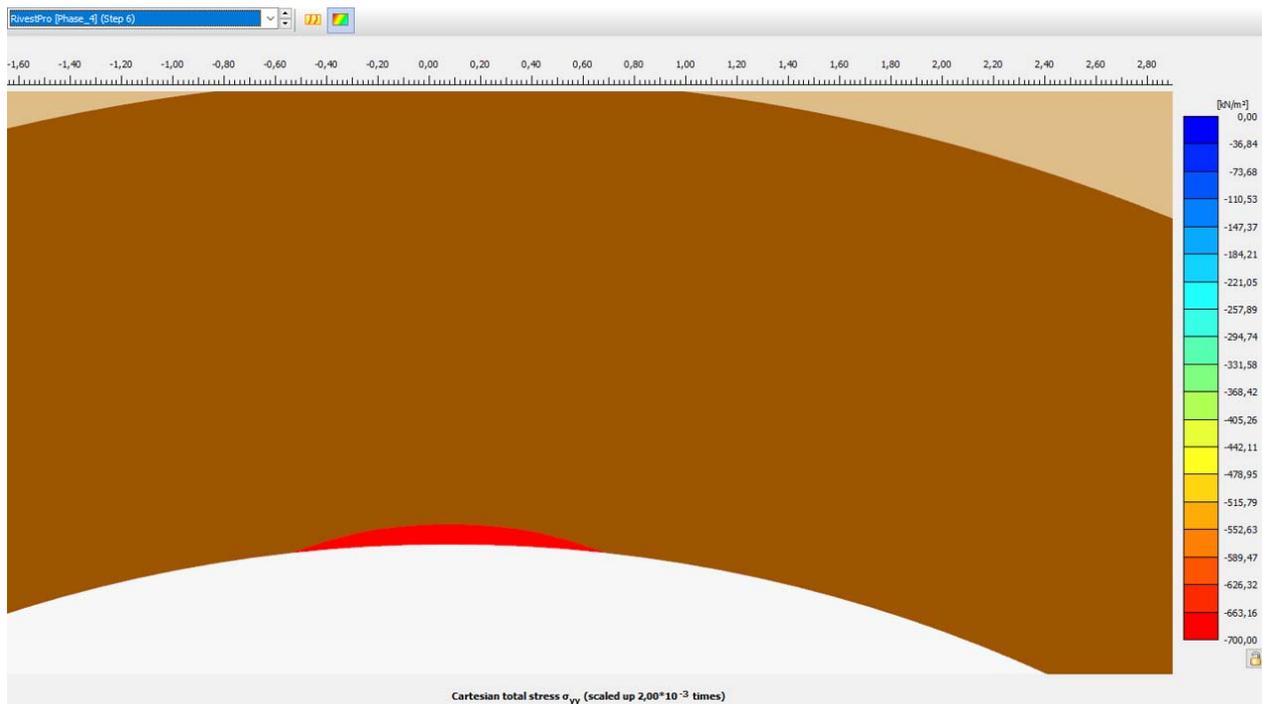


Figura 187 : Tensione verticale totale in calotta σ_{yy} all'atto dell'installazione della centina (670kPa)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 229 di 288

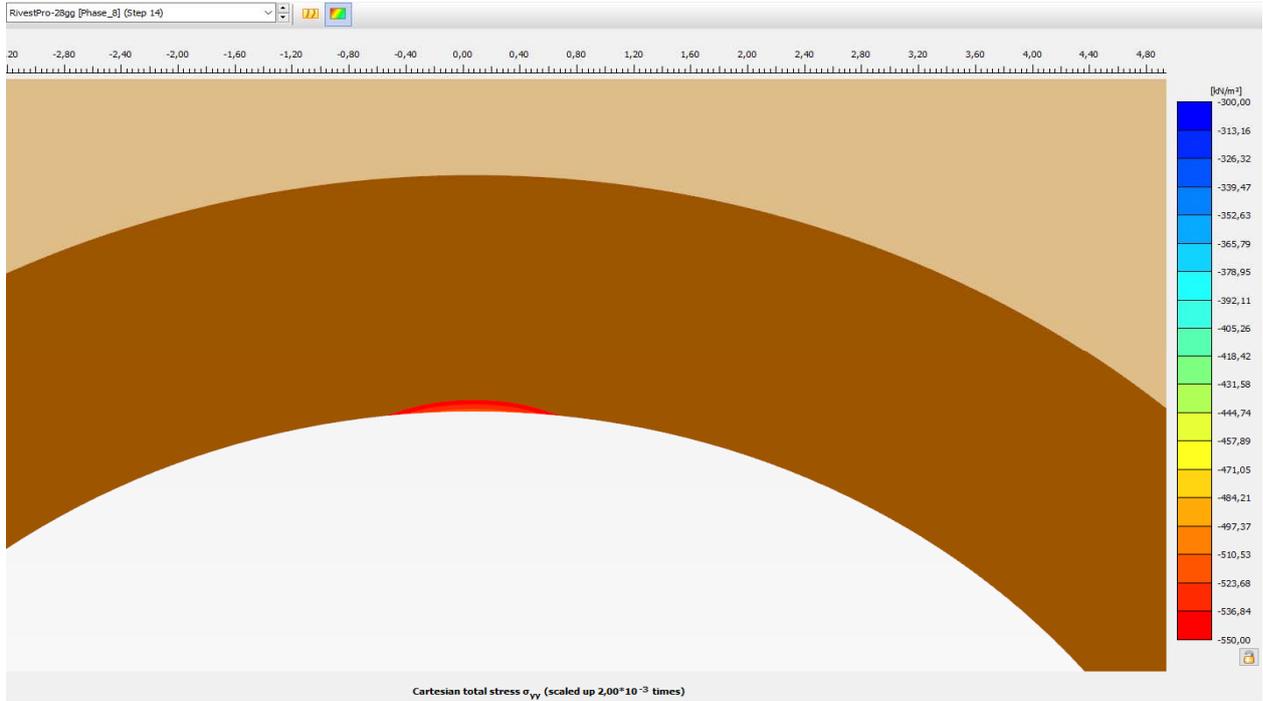


Figura 188 : Tensione verticale totale in calotta σ_{yy} all'atto dell'installazione della centina (550kPa)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 230 di 288

La differenza tra questi 2 valori rappresenta l'entità del carico trasmesso alle centine:

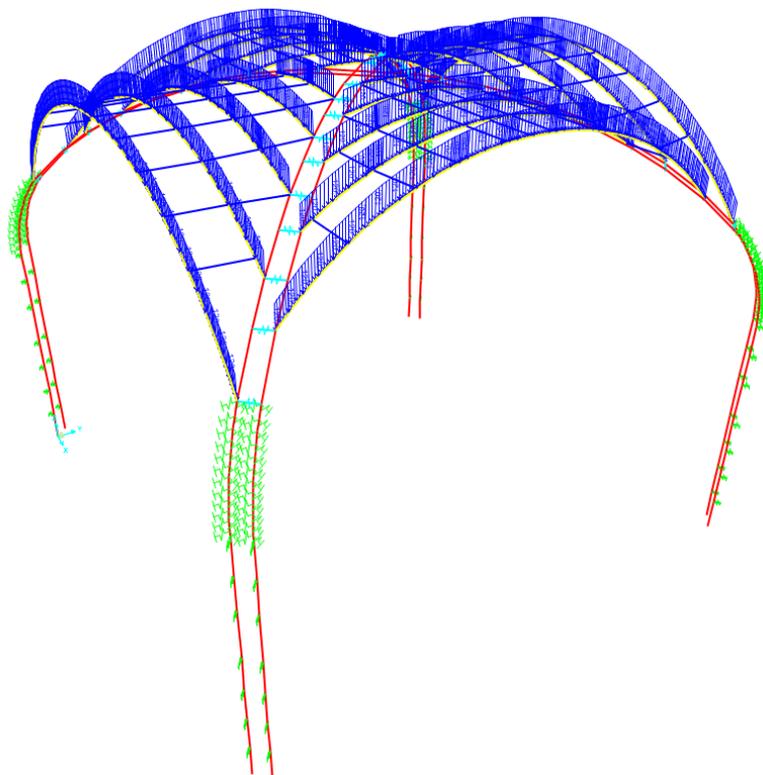


Figura 189 : Applicazione carico sulle centine - 120 kN/m

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \cdot \psi_{oi} \cdot Q_{Ki}$$

Adoperando i coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni previste alla Tab. 2.6.I

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Q\alpha}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 231 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza						

A seguire si riportano le caratteristiche della sollecitazione allo SLU ottenute dall'analisi:

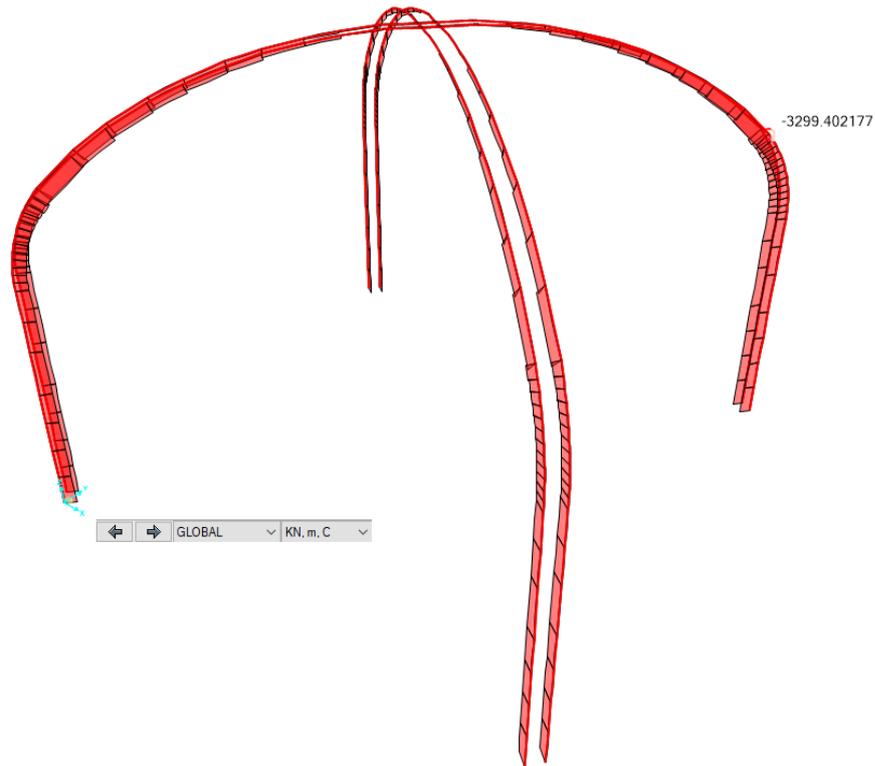


Figura 190 : Sforzo normale crociere – combo slu

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 232 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza						



Figura 191 : Momento flettente My crociere – combo slu

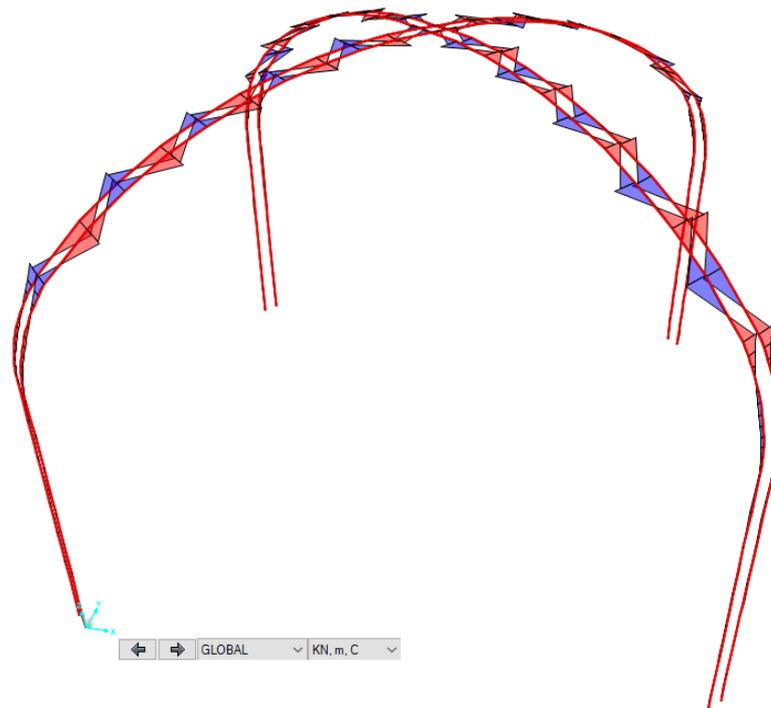


Figura 192 : Momento flettente Mz crociere – combo slu

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 233 di 288

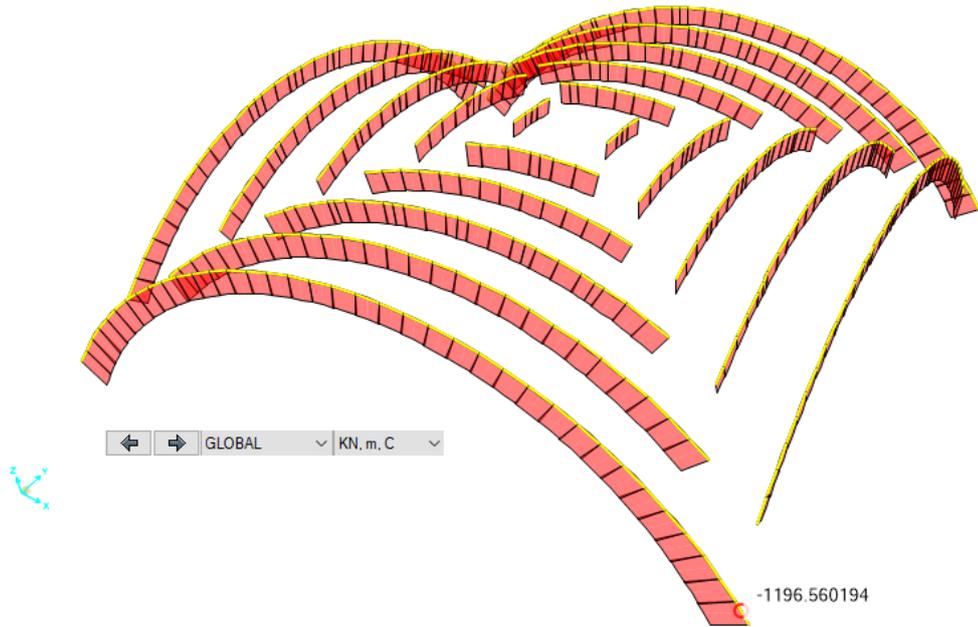


Figura 193 : Sforzo normale N centinini – combo slu

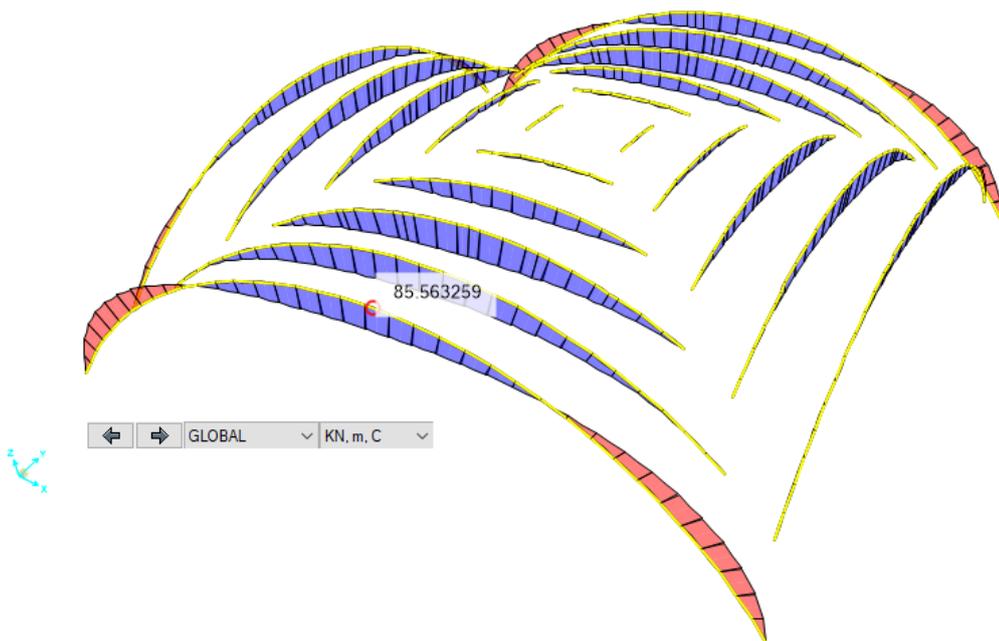


Figura 194 : Momento flettente My – combo slu

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 234 di 288

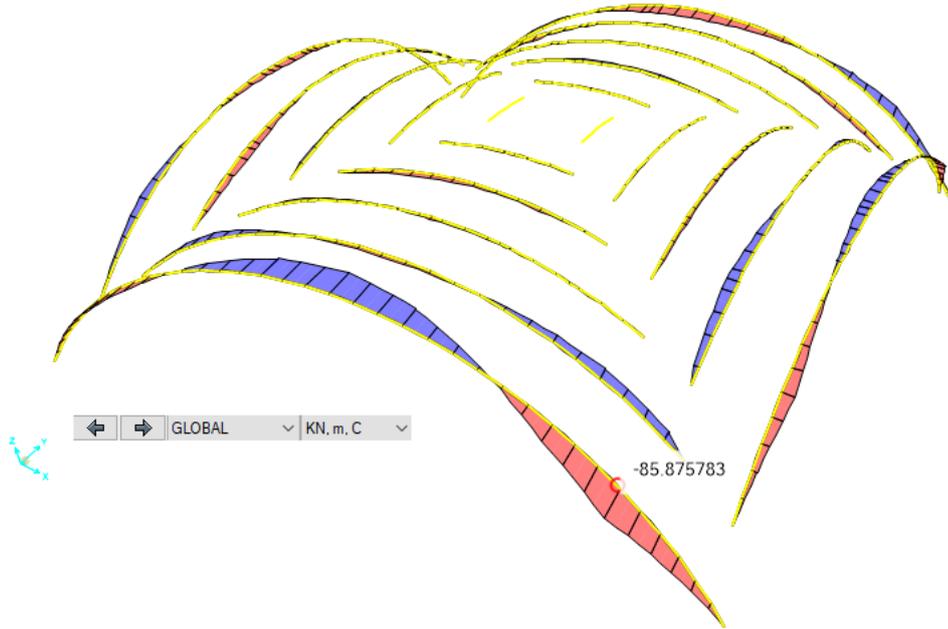


Figura 195 : Momento flettente Mz – combo slu

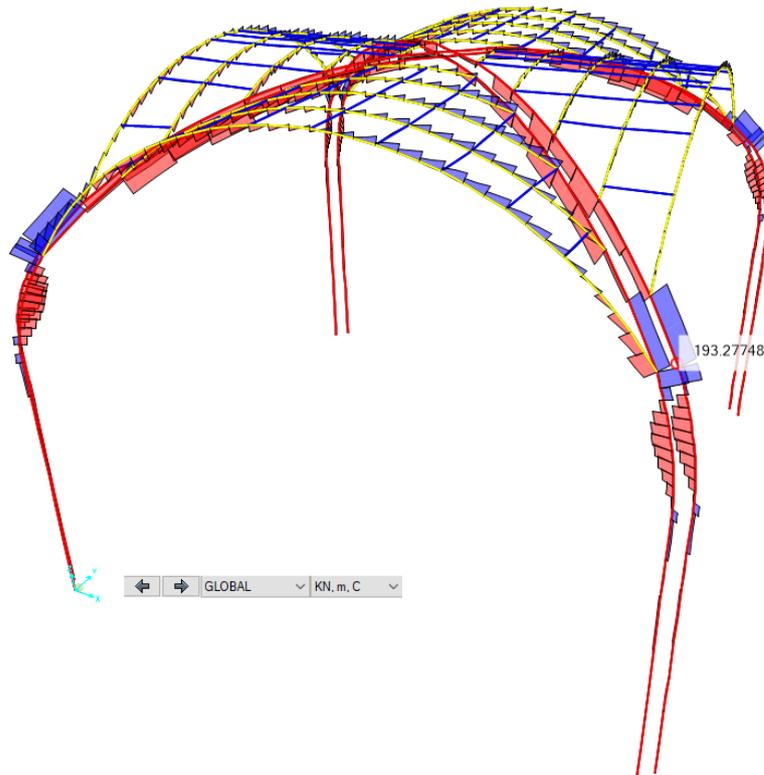


Figura 196 : Taglio Vz - combo slu

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 235 di 288
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza					

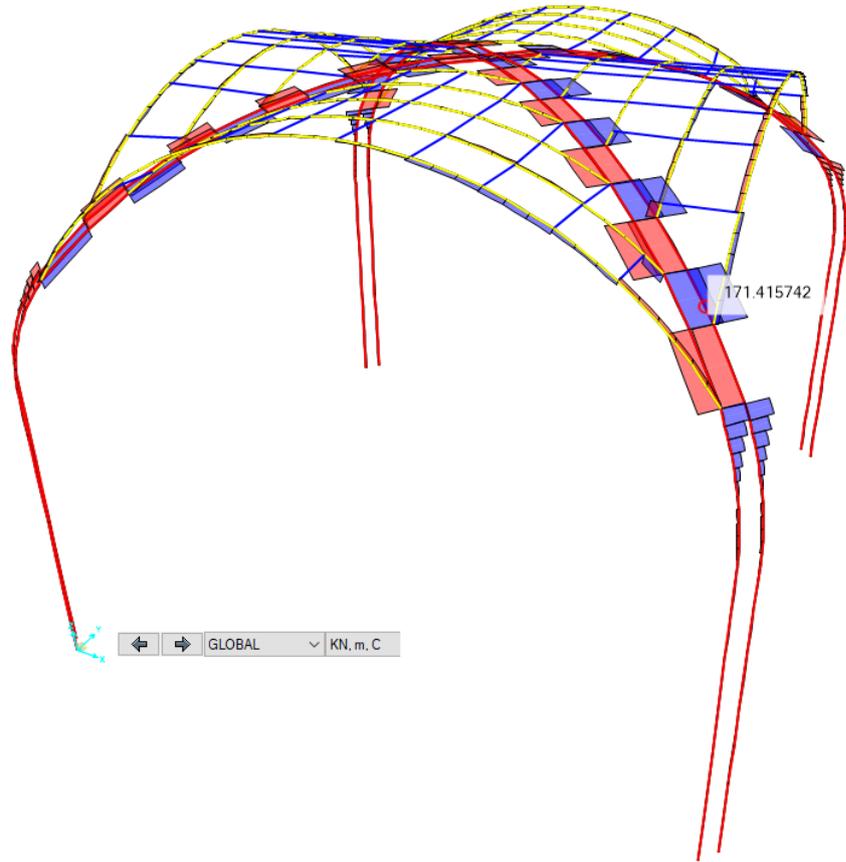


Figura 197 : Taglio Vy - combo slu

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 236 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche di sicurezza eseguite:

- Sezione composta HEB240-Spritz-betòn 30cm

Dominio My-N HEB240 composto

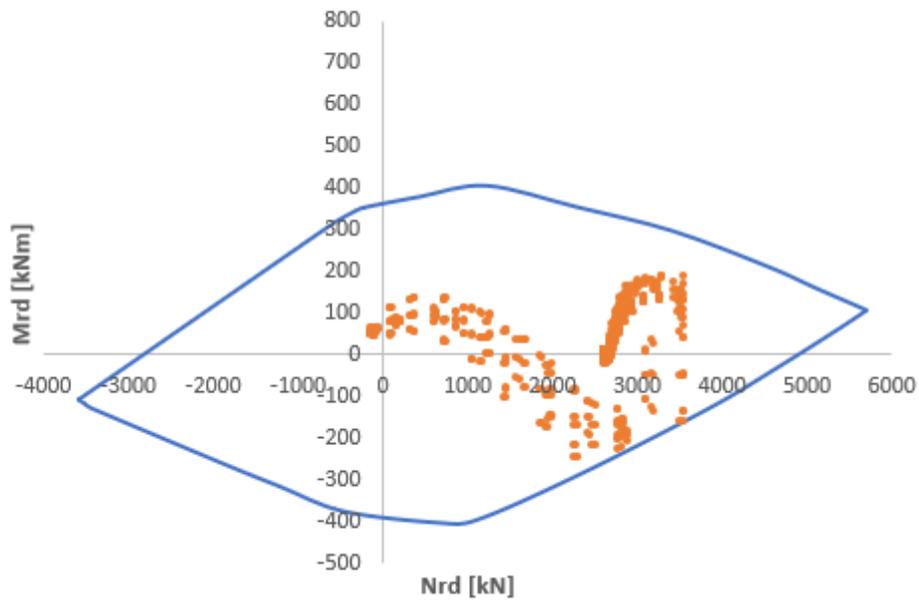


Figura 198 : Dominio di resistenza M-N

Dominio Mz-N HEB240 composto

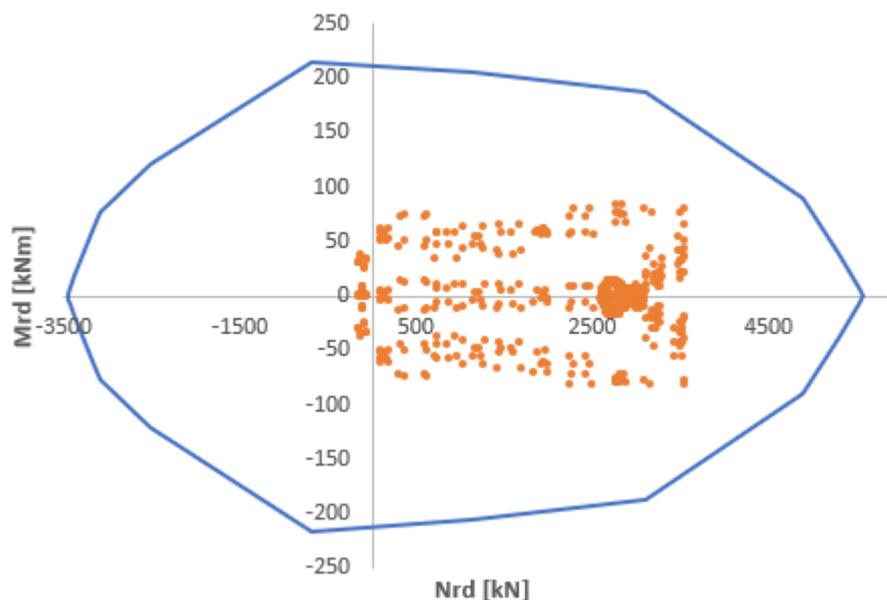


Figura 199 : Dominio di resistenza M-N

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 237 di 288

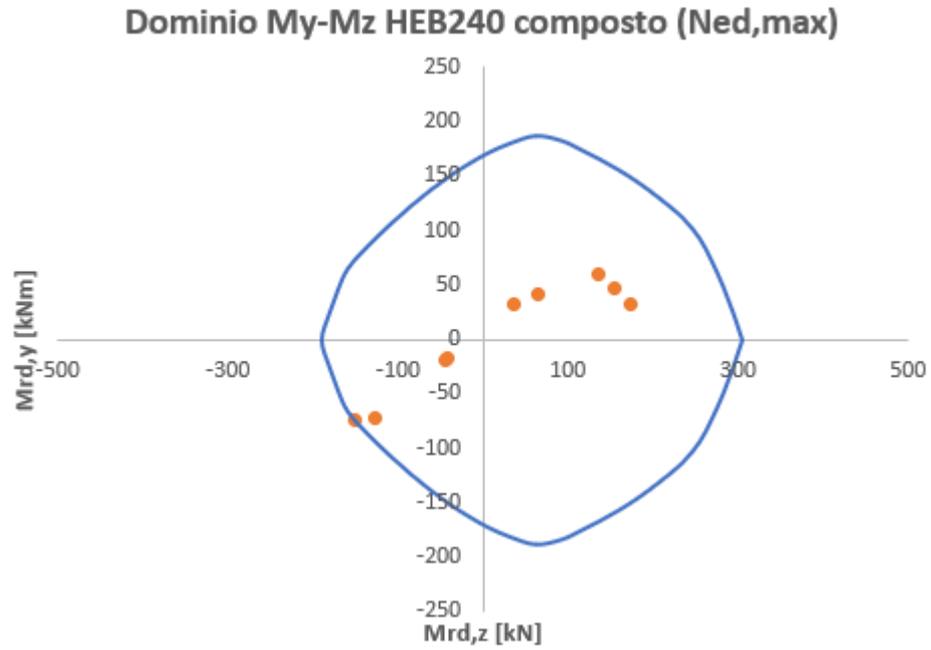


Figura 200 : Dominio di resistenza $M_{rd,y}$ - $M_{rd,z}$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 238 di 288

- Sezione composta HEB200-Spritz-betòn 30cm

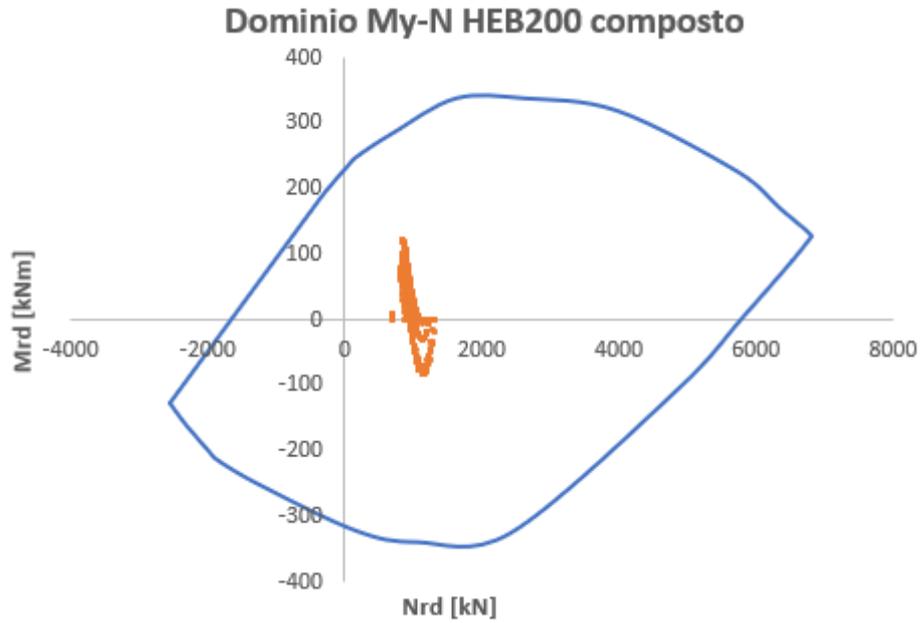


Figura 201 : Dominio di resistenza M-N

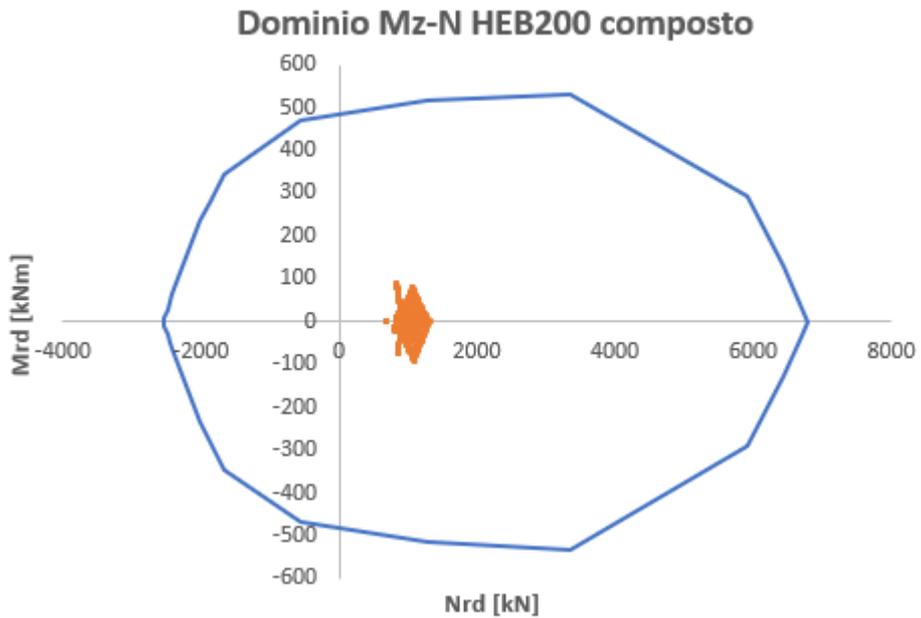


Figura 202 : Dominio di resistenza M-N

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 239 di 288

Dominio My-Mz HEB200 composto (Ned, min)

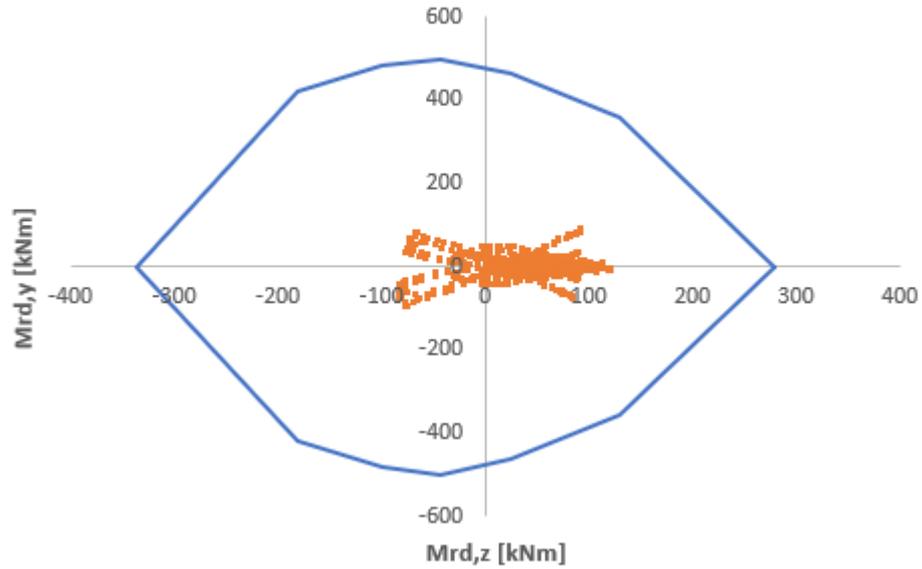


Figura 203 : Dominio di resistenza $M_{rd,y}$ - $M_{rd,z}$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 240 di 288

La verifica taglio è stata condotta assumendo che la sezione resistente sia costituita dal solo profilo metallico, trascurando il contributo dello spritz-betòn. A seguire si riporta l'esito della verifica di sicurezza eseguita in forma grafica:

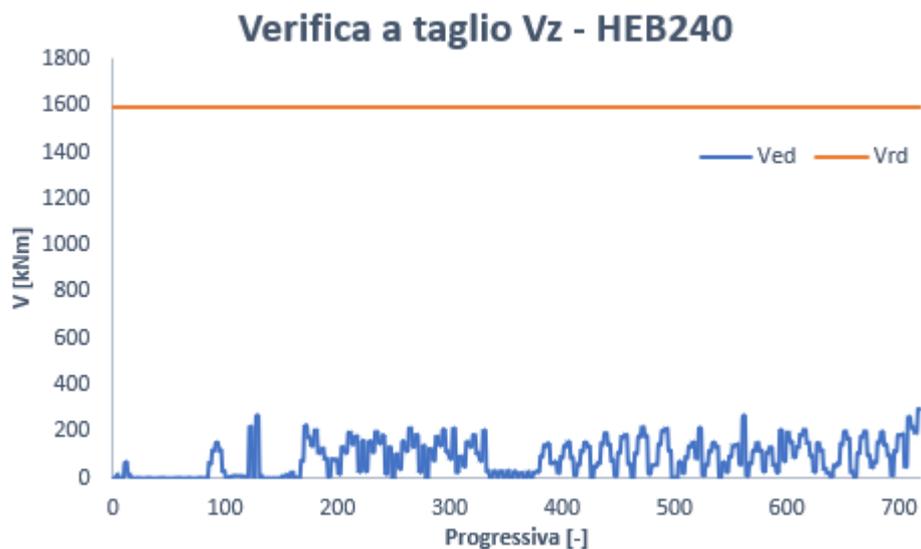


Figura 204 : Verifica a taglio crociere nel piano verticale del profilo

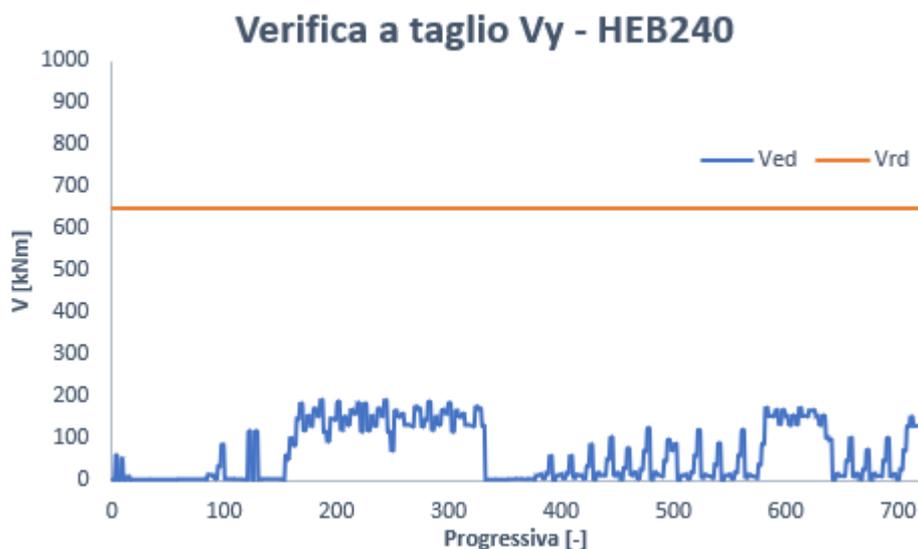


Figura 205 : Verifica a taglio crociere nel piano orizzontale del profilo

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 241 di 288

Verifica a taglio Vz - HEB200

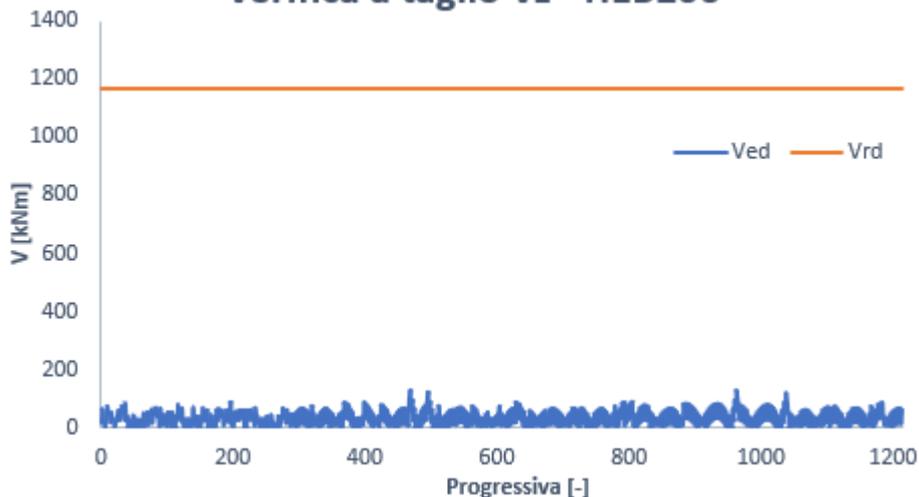


Figura 206 : Verifica a taglio centine nel piano verticale del profilo

Verifica a taglio Vy - HEB200

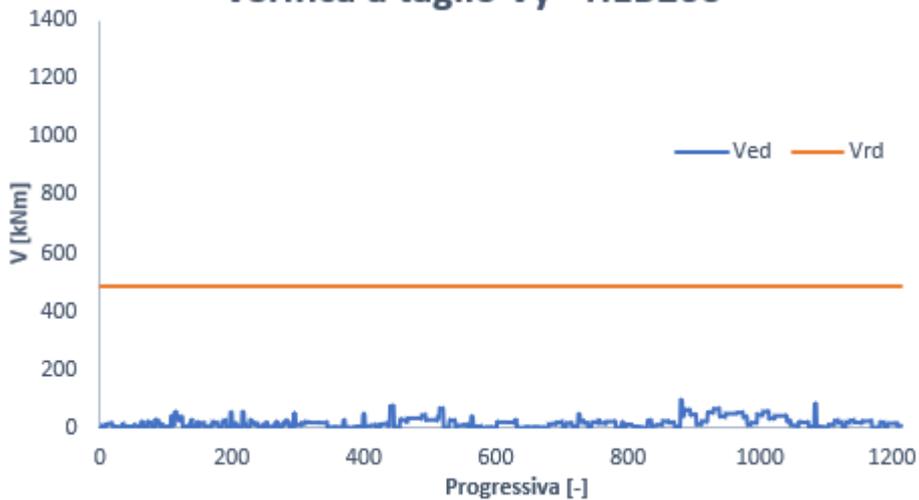


Figura 207 : Verifica a taglio centine nel piano orizzontale del profilo

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 242 di 288

A seguire si riporta l'incidenza delle armature necessario al soddisfacimento delle verifiche di sicurezza:

SPESSORE	0,9	CALOTTA					
Vclis (m³)	0,9	passo ripartitori	0,2	m			
γ acc (kg/m³)	7850	passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,333	m			
C2p							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	22	2,984	1	20	1,1	65,6	
armatura long	14	1,208	1	10	1,1	13,3	
armatura spille	14	1,208	0,8	7,51	1,1	8,0	
						TOT fless	78,9
						TOT shear	8,0

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	90,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m³)	100,00

SPESSORE	1,1	ARCO ROVESCIO					
Vclis (m³)	1,1	passo ripartitori	0,2	m			
γ acc (kg/m³)	7850	passo spille rad	0,4	m			
		passo spille long	0,333	m			
C2p							
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)	
armatura principale	24	3,551	1	20	1,1	78,1	
armatura long	14	1,208	1	10	1,1	13,3	
armatura spille	14	1,208	1	7,5075075	1,1	10,0	
						TOT fless	91,4
						TOT shear	10,0

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	85,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m³)	10,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m³)	95,00

Tabella 69 : Incidenza armatura sezione C2p

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 243 di 288

7.4.10 Analisi n. 6 Sezione Camerone di sosta e manovra – (Pk 1 + 212,39)

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della sezione del Camerone della finestra F1, in corrispondenza della progressiva 1 + 212,39, con una copertura massima in calotta di 168,5 m.

Si vuole evidenziare che in sede del presente Progetto Esecutivo, gli approfondimenti e le relative analisi numeriche, di seguito riportate, hanno condotto all'adozione dello scavo a piena sezione modificando la soluzione del Progetto Definitivo che prevedeva uno scavo parzializzato, con l'adozione dei cunicoli di piedritto. Conseguentemente, rispetto alle carpenterie del Progetto Definitivo, il profilo di intradosso del rivestimento definitivo, sia camerone di manovra sia di sosta, presenta una modesta differenza di pochi centimetri.

Modello geotecnico

Il modello geotecnico di sottosuolo in corrispondenza della sezione di analisi prevede l'Unità dei Peliti di Difesa Grande (STF2). Lo scavo della galleria interessa unicamente questa unità (Figura 208). Per ciò che concerne il regime idraulico, il livello di falda è stato posto a -1m dal p.c. ed è stata valutata la risposta dell'ammasso allo scavo in condizioni non drenate. All'atto del getto del rivestimento definitivo, è stato simulato l'abbassamento del livello di falda a 50 m sopra calotta. Al termine del processo di scavo e costruzione della galleria, è stata simulata la fase di consolidazione con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi fino al ripristino della condizione idrostatica delle pressioni neutre.

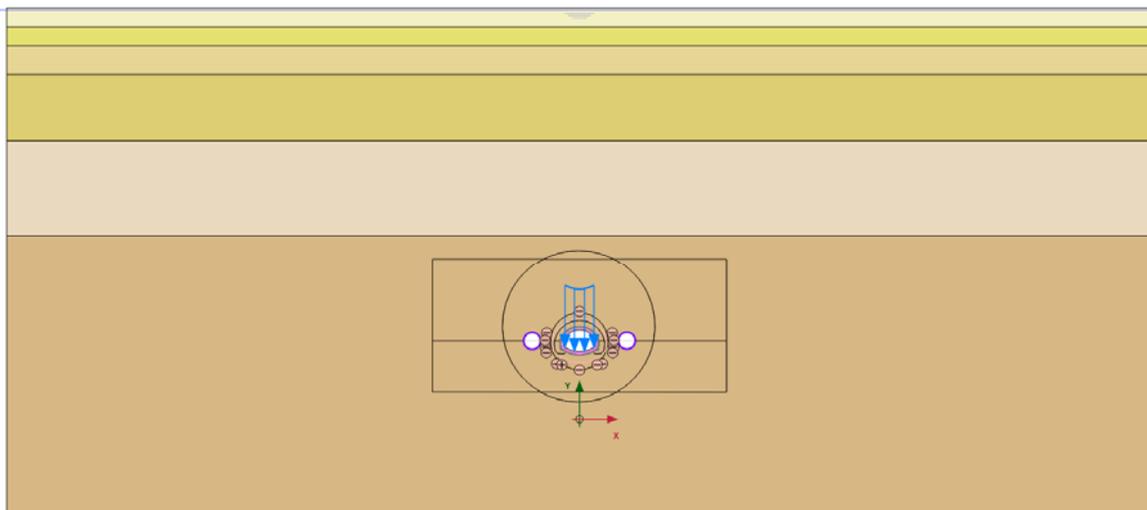


Figura 208 : modello geotecnico della sezione Camerone di sosta e manovra

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 244 di 288

La Tabella 70 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 70 : sezione geotecnica di calcolo

Unità	Descrizione	z (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (kPa)	OCR (-)	k_0 (-)	$E_{k,op}$ (MPa)	ν (-)
STF2 1	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	10	22,0	20,0	31,0	10,0	1,4	75,0	0,35
STF2 2	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	20	22,0	40,0	30,0	7,0	1,2	110,0	0,35
STF2 3	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	35	22,0	50,0	30,0	6,0	1,1	150,0	0,35
STF2 4	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	70	22,0	70,0	29,0	4,0	1,0	650,0	0,35
STF2 5	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	120	22,0	90,0	27,0	2,0	0,8	1180,0	0,35
STF2 6	Argille limose / marnose, frequenti intercalazioni di sabbie limose	> 200	22,0	160,0	28,0	2,0	0,7	1260,0	0,35

Modello geometrico

La mesh di calcolo è costituita da una griglia di elementi triangolari, opportunamente intensificati nelle zone di maggiore interesse in corrispondenza della galleria, in modo da seguire il più fedelmente possibile le variazioni dello stato tensio-deformativo al contorno. Lateralmente ed inferiormente il modello è vincolato con carrelli. Il dominio di analisi presenta un'estensione laterale di 600 m ed un'altezza complessiva di 267 m (Figura 209); i bordi sono stati collocati in modo da garantire una distanza sufficiente, relativamente alla copertura elevata. Inoltre, la loro distanza dalla galleria (>3D con D = diametro della galleria), assicura che le condizioni di vincolo non influenzino la modellazione.

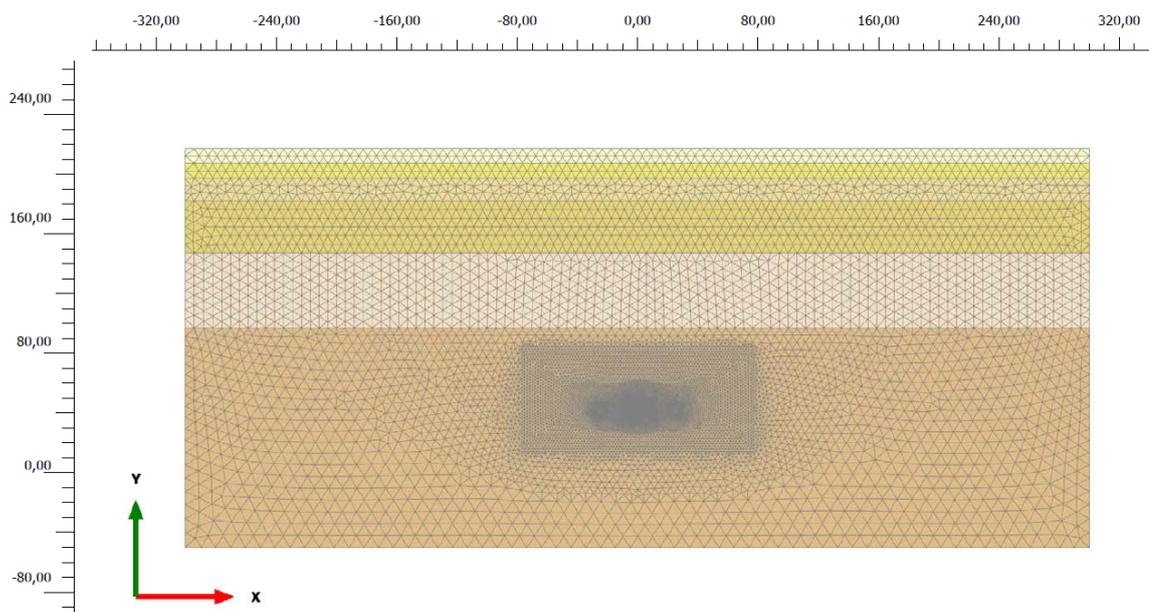


Figura 209 : modello di calcolo, sezione Camerone di sosta e manovra- Geometria mesh

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 245 di 288

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB300 e spritz-betòn di spessore 35 cm con arco-puntone, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Il modello costitutivo dell'ammasso è elasto-plastico con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Si riportano di seguito le caratteristiche del rivestimento provvisorio della sezione analizzata:

Tabella 71 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,35
Tipologia profilati	HEB 300 (S355)
Interasse longitudinale profilato [m]	0,8
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	161,3
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	1.926
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	30.820

Nella modellazione numerica sono stati considerati gli spessori relativi ai rivestimenti definitivi in accordo con gli elaborati grafici di riferimento. Per la calotta e le reni è stato considerato uno spessore pari a 1,5 m, che aumenta fino a raggiungere uno spessore di circa 1,8 m in corrispondenza delle murette. L'arco rovescio presenta spessore di 1,6 m.

I modelli numerici in Figura 208 e in Figura 209 includono anche il passaggio delle canne sinistra e destra del tunnel di base, realizzate con scavo meccanizzato (TBM). La loro realizzazione, posticipata rispetto a quella del camerone, a seguito di revisione del progetto definitivo, viene inclusa nell'analisi di terapia al fine di considerare l'impatto dello scavo meccanizzato sulle verifiche strutturali dei rivestimenti definitivi.

La fase finale, a seguito del passaggio di entrambe le canne, si configura quindi come la più rilevante per le giustificazioni strutturali.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 246 di 288

Fasi e percentuali di rilascio

Al fine di tener conto della natura tridimensionale del problema, nelle analisi svolte in condizioni di deformazione piana, lo scavo della galleria è stato simulato con il metodo delle forze di scavo equivalenti. In particolare, l'effetto dell'avanzamento dello scavo viene modellato rilasciando un sistema di forze applicate sul contorno del profilo di scavo.

La riduzione delle forze di scavo a partire dalla condizione originaria è definita tramite un fattore di rilascio, funzione della distanza dal fronte ("rilascio forze di scavo").

Lo scavo della galleria è stato simulato in diverse fasi, attribuendo per ognuna di queste le percentuali di rilascio riepilogate nella seguente Tabella, e ottenute sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.4.3.

Inoltre, sempre nella seguente Tabella sono riportati i coefficienti di rilascio per le fasi di scavo meccanizzato delle canne sinistra e destra, realizzate dopo la posa della calotta e prima della fase finale di lungo termine. Per le fasi di scavo meccanizzato, è stato verificato che la convergenza prima dell'attivazione dello scudo della TBM non superasse il gap anulare: gli spostamenti ottenuti non superano in ordine di grandezza i 10 cm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 247 di 288

Tabella 72 : Analisi 6, sezione Camerone – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello	-
1	Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elasto-plastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
2	Pre-convergenza del fronte (lunghezza minima dei VTR = 8 m)	0,30
3	Apertura del cavo	0,70
4	Installazione del rivestimento di prima fase	0,73
5	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,73
6	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,80
7	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	0,98
8	Simulazione avanzamento del fronte di scavo	1,00
9	Getto del rivestimento definitivo – Arco rovescio e murette	1,00
10	Getto del rivestimento definitivo - Calotta	1,00
11	Pre-convergenza canna SX	0,60

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 248 di 288

12	Convergenza canna SX (controllo di chiusura del gap anulare)	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo. In questa fase il fronte di scavo è a una distanza tale dalla sezione di analisi da avere la chiusura del gap anulare terreno-scudo radiale.	0,90
13	Attivazione scudo SX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo e l'attivazione dello scudo radiale	1,00
14	Pre-convergenza canna DX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'apertura del cavo. In questa fase la sezione di calcolo è esattamente rappresentativa della situazione al fronte di scavo della TBM.	0,60
15	Convergenza canna DX (controllo di chiusura del gap anulare)	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo. In questa fase il fronte di scavo è a una distanza tale dalla sezione di analisi da avere la chiusura del gap anulare terreno-scudo radiale.	0,90
16	Attivazione scudo DX	In questa fase viene simulato il rilascio tensionale dovuto all'avanzamento del fronte di scavo e l'attivazione dello scudo radiale	1,00

LUNGO TERMINE			
17	Condizioni di lungo termine	In questa fase viene simulato il degrado delle caratteristiche meccaniche del rivestimento di prima fase e del consolidamento al contorno.	1,00
18	Fase di consolidazione	In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre	1,00

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 249 di 288

Analisi e commento dei risultati

Sono di seguito illustrati e commentati i risultati delle fasi di scavo, relative all'analisi n.6 – sezione Camerone di sosta e manovra. Per le fasi pertinenti, si riportano in seguito le caratteristiche della sollecitazione negli elementi strutturali del modello, volti alle verifiche dimensionali.

FASE 2

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 8 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 19.9 mm in calotta e 18.4 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 14.2 mm. In questa fase si osservano fenomeni di plasticizzazione intorno al profilo di scavo.

FASE 3

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 67.3 mm in calotta e 52.9 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 76.1 mm. In questa fase si sviluppa una diffusa plasticizzazione al contorno del profilo di scavo, marcatamente in corrispondenza dei piedritti e delle reni (d'ordine metrico).

FASE 4

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 108 mm mentre in arco rovescio è di circa 80.2 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 124 mm come valore massimo. In questa fase si sviluppa un incremento delle plasticizzazioni al contorno del profilo di scavo.

FASE 5

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase considerando un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 111 mm mentre in arco rovescio è di circa 82.1 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 127 mm. In questa fase, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

FASE 6

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 113 mm mentre in arco rovescio è di circa 83.9 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 127.9 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 250 di 288

FASE 7

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto tenendo conto di una maturazione dello spritz-beton di 10 giorni. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 115.5 mm mentre in arco rovescio è di circa 87 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 128.3 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 8

Al rivestimento di prima fase viene attribuito un modulo elastico equivalente corrispondente ai 28 giorni di maturazione dello spritz-beton. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100% (con oscillazioni dell'ordine del mm). Ugualmente, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata. Al termine delle fasi di carico sul rivestimento provvisorio, si può notare il contributo dell'elemento puntone in arco rovescio, che consente di mantenere gli spostamenti in questa zona sistematicamente inferiore rispetto a quelli in calotta.

FASE 9

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100%. In questa fase, si assiste a un decremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 10

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. La zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata. Viene simulato inoltre l'abbassamento del livello di falda da -1m rispetto al pc a 50m sopra calotta.

FASE 11

Viene simulata la preconvergenza dovuta al passaggio meccanizzato della canna sinistra (diametro di scavo = 9,92 m). Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 126.2 mm mentre in arco rovescio è di circa 130.1 mm, in piedritto risulta essere di circa 124.3 mm. In questa fase, si assiste a un'estensione della fascia plastica particolarmente in direzione orizzontale, che però non interessa la coronella di terreno consolidato.

FASE 12

Viene simulata la convergenza dovuta all'arrivo della fresa della canna sinistra. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 129.4 mm mentre in arco rovescio e piedritti rimane sostanzialmente invariato rispetto alla fase precedente. In questa fase, si assiste a un'ulteriore estensione della fascia plastica particolarmente in direzione orizzontale, che però non interessa la coronella di terreno consolidato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 251 di 288

FASE 13

Viene attivato lo scudo della TBM della canna sinistra. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Ugualmente, la zona plastica non subisce sostanziali variazioni.

FASE 14

Viene simulata la preconvergenza dovuta al passaggio meccanizzato della canna destra (medesimo diametro di scavo = 9,92 m). Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 133.9 mm mentre in arco rovescio resta all'incirca pari al valore di 83.4 mm . In questa fase, si assiste a un'estensione della fascia plastica particolarmente in direzione orizzontale, che però non interessa la coronella di terreno consolidato.

FASE 15

Viene simulata la convergenza dovuta all'arrivo della fresa della canna destra. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 139.8 mm mentre in arco rovescio e piedritti rimane sostanzialmente invariato rispetto alla fase precedente. Analogamente alla fase 12, In questa fase, si assiste a un ulteriore estensione della fascia plastica particolarmente in direzione orizzontale, che però non interessa la coronella di terreno consolidato.

FASE 16

Viene attivato lo scudo della TBM della canna destra. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. Ugualmente, la zona plastica si mantiene sostanzialmente inalterata.

FASE 17

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio e il consolidamento al contorno. In questa fase si osserva lo sviluppo di una fascia plastica intorno al rivestimento definitivo.

FASE 18

In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre. Si procede quindi alla valutazione delle azioni sui rivestimenti definitivi e alle verifiche d'armatura.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 252 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento di prima fase

La verifica strutturale (SLU STR) del rivestimento di 1° fase prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo. In particolare, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione (previa applicazione dei coefficienti parziali di Normativa) sono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidzze assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) sono assegnati interamente alle centine. Lo spritz-beton è verificato a semplice compressione (cfr. §7.4.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase No. 8 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

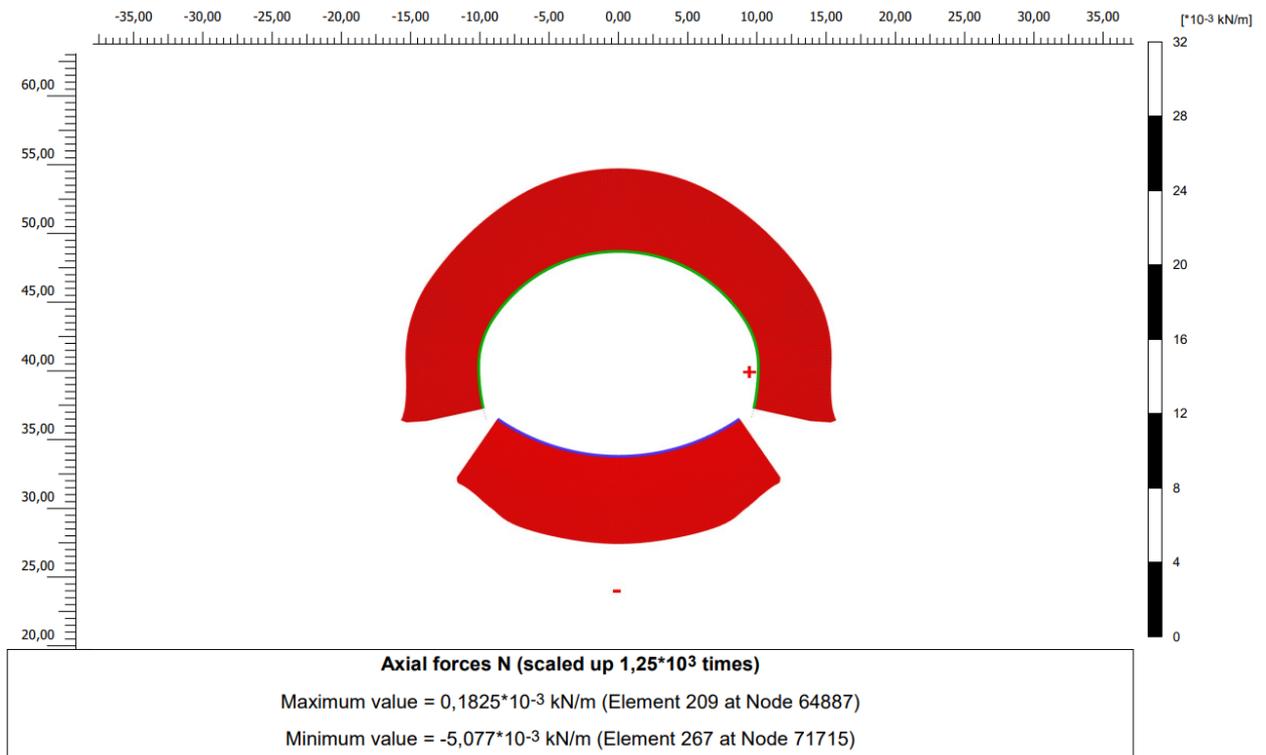


Figura 210 : Andamento sforzo normale (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 253 di 288

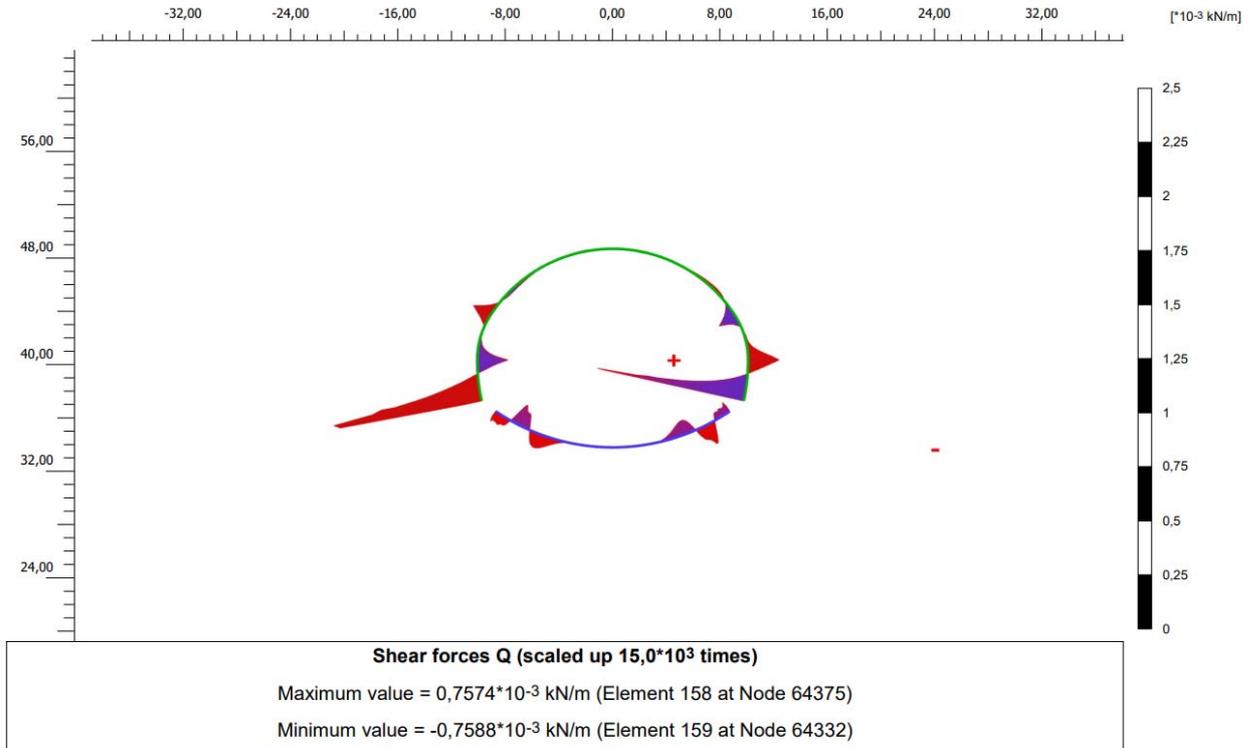


Figura 211 : Andamento taglio (fase 8)

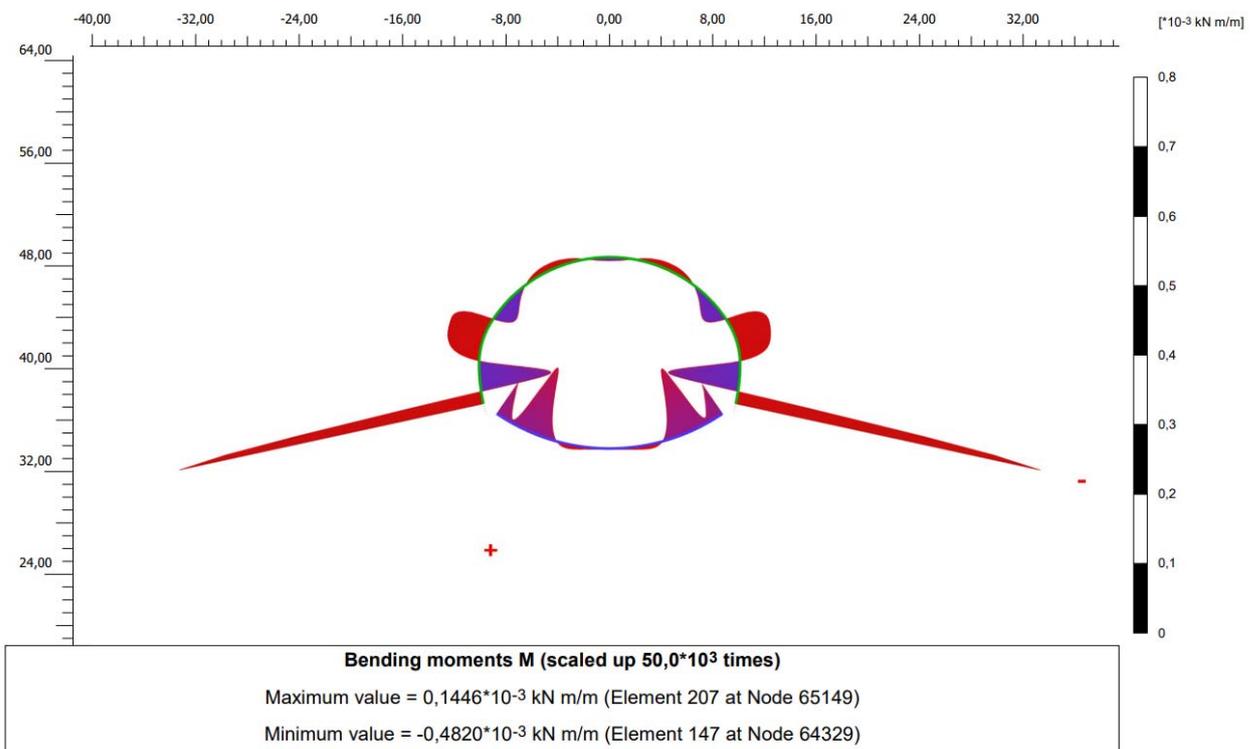


Figura 212 : Andamento momento flettente (fase 8)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 254 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche condotte, per ogni nodo, in forma grafica.

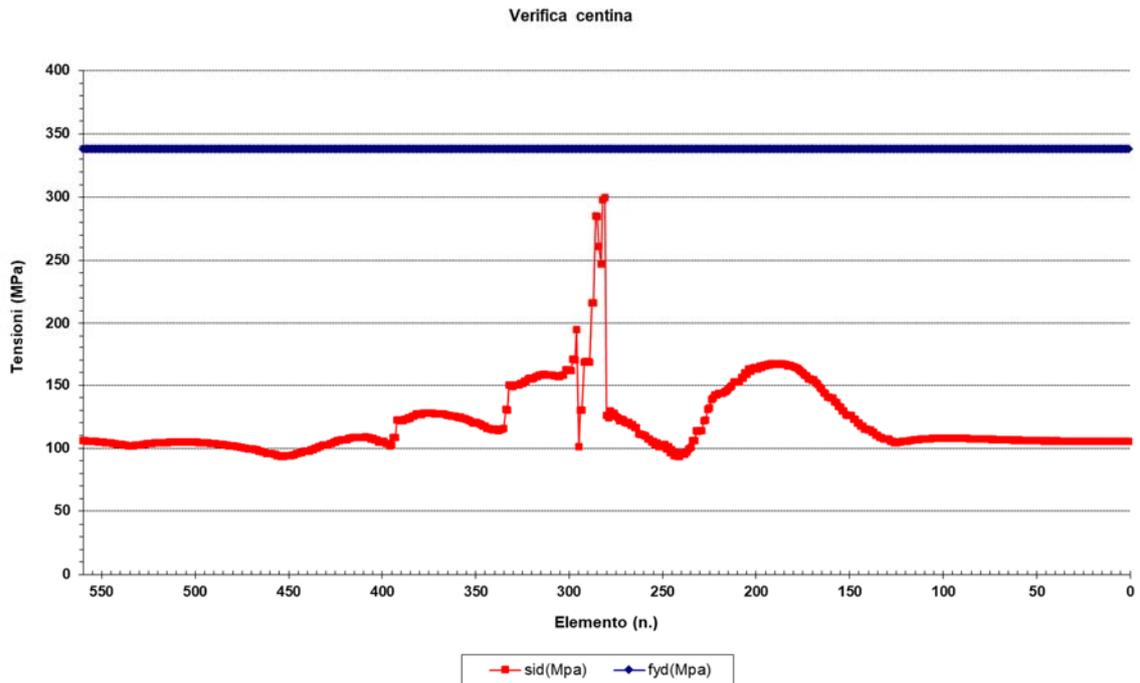


Figura 213 : Verifica SLU Tensiomi centina HEB300 (fase 8)

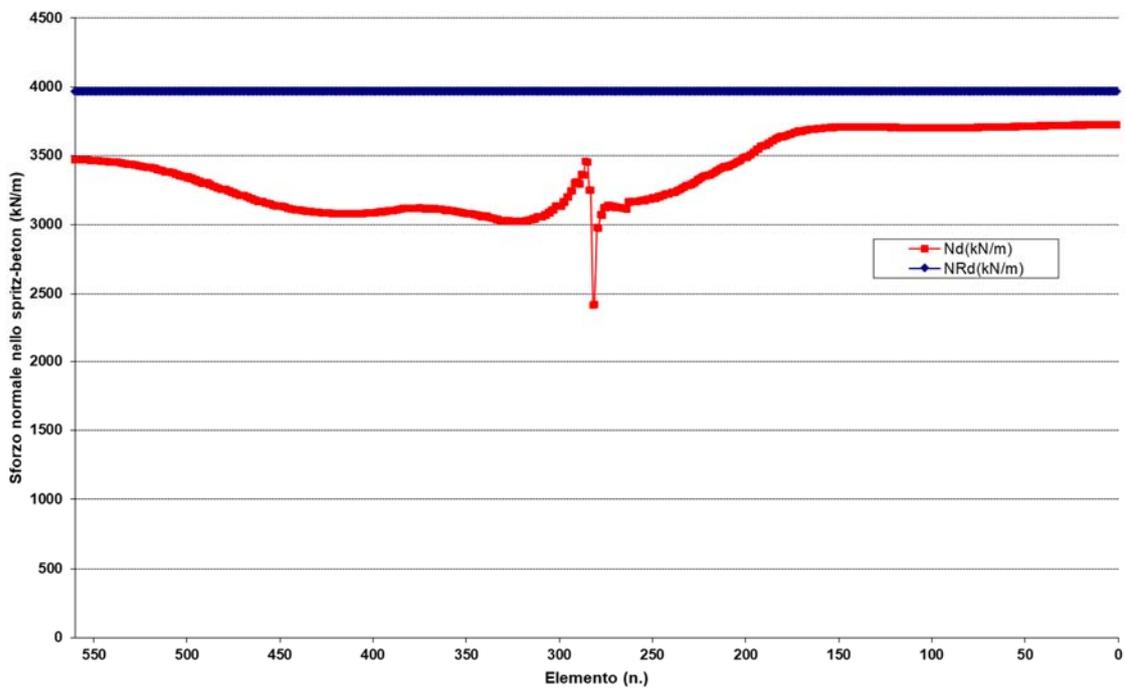


Figura 214 : Verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 35 cm (fase 8)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 255 di 288

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

La verifica strutturale del rivestimento definitivo prevede il confronto tra le sollecitazioni di calcolo, ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando i relativi coefficienti parziali, e le resistenze di calcolo che individuano il dominio resistente nel piano M, N. Nel seguito si riportano le verifiche rappresentative della fase di analisi più gravosa, ovvero quella di lungo termine.

Per la verifica a taglio, il valore di calcolo è ottenuto in accordo con la normativa vigente.

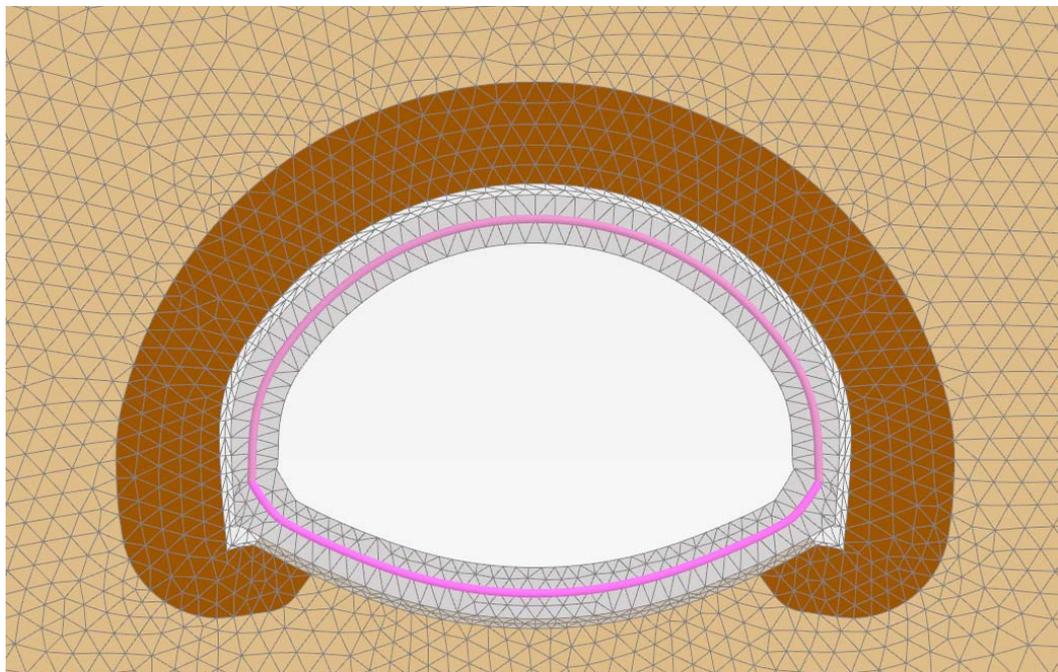


Figura 215 : Rivestimento definitivo – Fase 11

Le combinazioni allo SLU sono ottenute moltiplicando le combinazioni derivanti dall'analisi per il coefficiente parziale $\gamma_G = 1.3$.

La calotta è armata con $10\phi 30/m$ sia in intradosso che in estradosso, così come le murette e l'arco rovescio sia in intradosso che in estradosso.

Le verifiche sono state condotte considerando un copriferro netto pari a 5.0 cm ed un calcestruzzo con classe di resistenza C25/30.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 256 di 288

Le verifiche sul rivestimento definitivo riguardano la fase No. 18 della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:

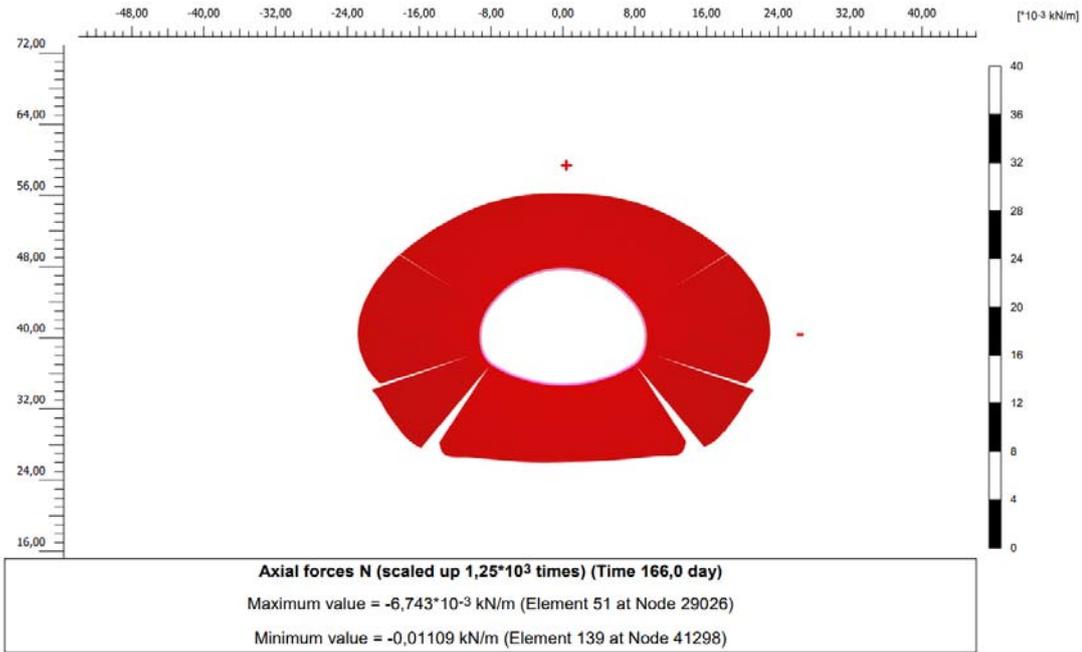


Figura 216 : Andamento sforzo normale – Fase 18

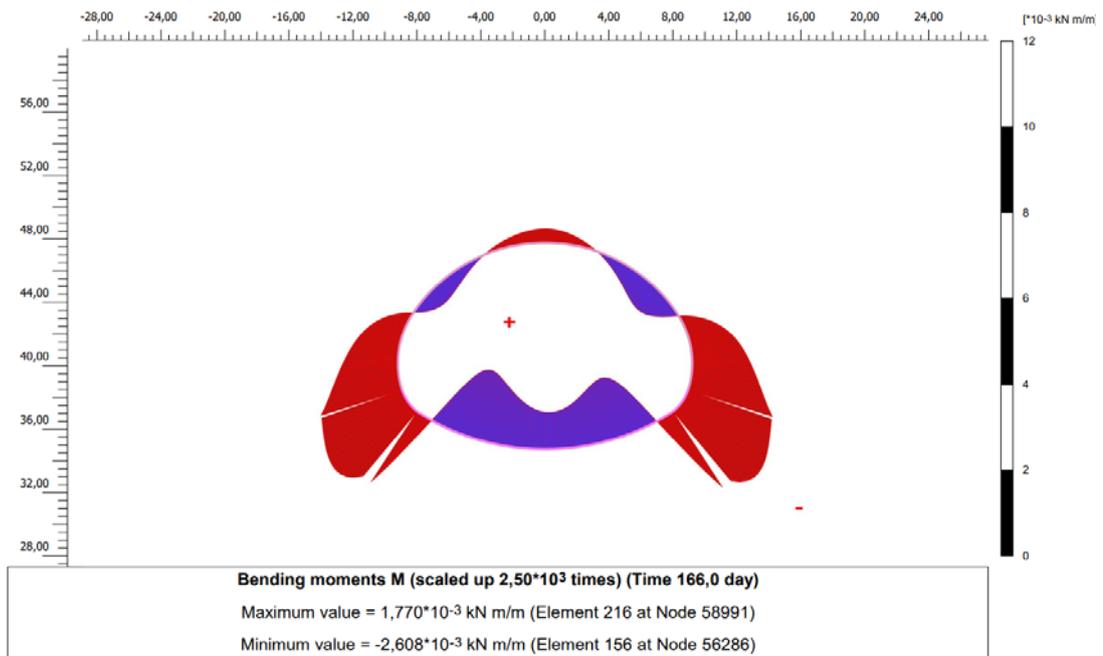


Figura 217 : Andamento momento flettente – Fase 18

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 257 di 288

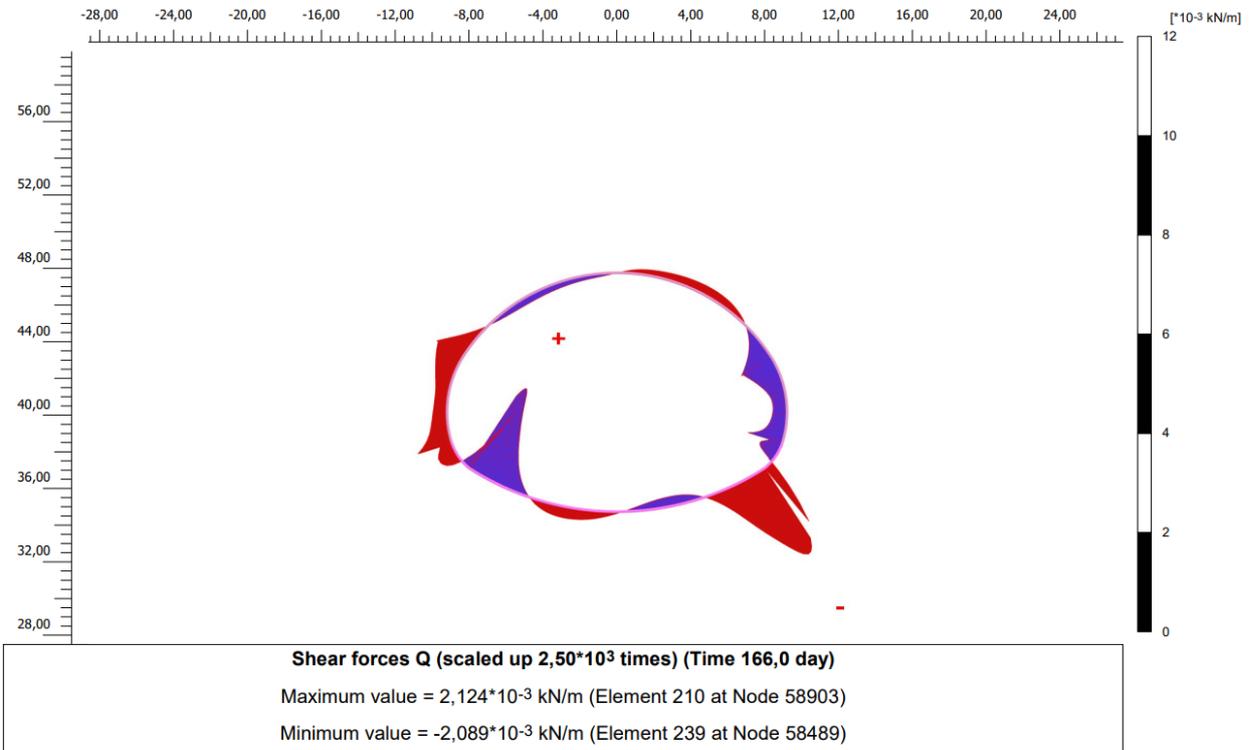


Figura 218 : Andamento taglio – Fase 18

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA				RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 258 di 288

A seguire si riporta un estratto delle verifiche di sicurezza eseguite per le sezioni maggiormente significative, in forma tabellare e, successivamente, per via grafica (diagramma d'interazione N-M a SLU) :

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	As A's	M _{Rd} [kNm]	Verifica
267	Base-pied	A	-11749,9	154,1	SLU	1000	1721	10f30 10f30	9751,1	OK
268	Base-pied	B	-11919,7	392,9	SLU	1000	1721	10f30 10f30	9727,5	OK
237	Estr-Cal	C	-13677,3	1171,1	SLU	1000	1521	20f30 20f30	9573,3	OK
238	Estr-Cal	D	-13435,7	1144,8	SLU	1000	1521	20f30 20f30	9442,8	OK
1	Mezz-cal	E	-9015,1	1215,2	SLU	1000	1421	10f30 10f30	7499,7	OK
275	Estr-AR	F	-11461,3	384,3	SLU	1000	1521	10f30 10f30	8271,5	OK
280	Estr-AR	G	-11272,2	484,8	SLU	1000	1521	10f30 10f30	8205,1	OK
420	Mezz-AR	H	-8771,5	467,0	SLU	1000	1521	10f30 10f30	8259,7	OK

Tabella 73 : Estratto verifiche a presso-flessione retta

Frame	Sezione	Nodo	N _{Ed} [kN]	V _{Ed} [kN]	Combo	b _w [mm]	d [mm]	V _{Rd} [kN]	Verifica
267	Base-pied	A	-11749,9	609,3	SLU	1000	1721	1333,3	OK
268	Base-pied	B	-11919,7	707,5	SLU	1000	1721	1333,3	OK
237	Estr-Cal	C	-13677,3	588,3	SLU	1000	1521	1390,7	OK
238	Estr-Cal	D	-13435,7	463,1	SLU	1000	1521	1390,7	OK
1	Mezz-cal	E	-9015,1	53,3	SLU	1000	1421	1147,2	OK
275	Estr-AR	F	-11461,3	386,1	SLU	1000	1521	1209,7	OK
280	Estr-AR	G	-11272,2	264,5	SLU	1000	1521	1209,7	OK
420	Mezz-AR	H	-8771,5	1,3	SLU	1000	1521	1209,7	OK

Tabella 74 : Estratto verifiche sezione non dotata di specifica armatura a taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA				RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 259 di 288

Verifica a pressoflessione SLU - Calotta

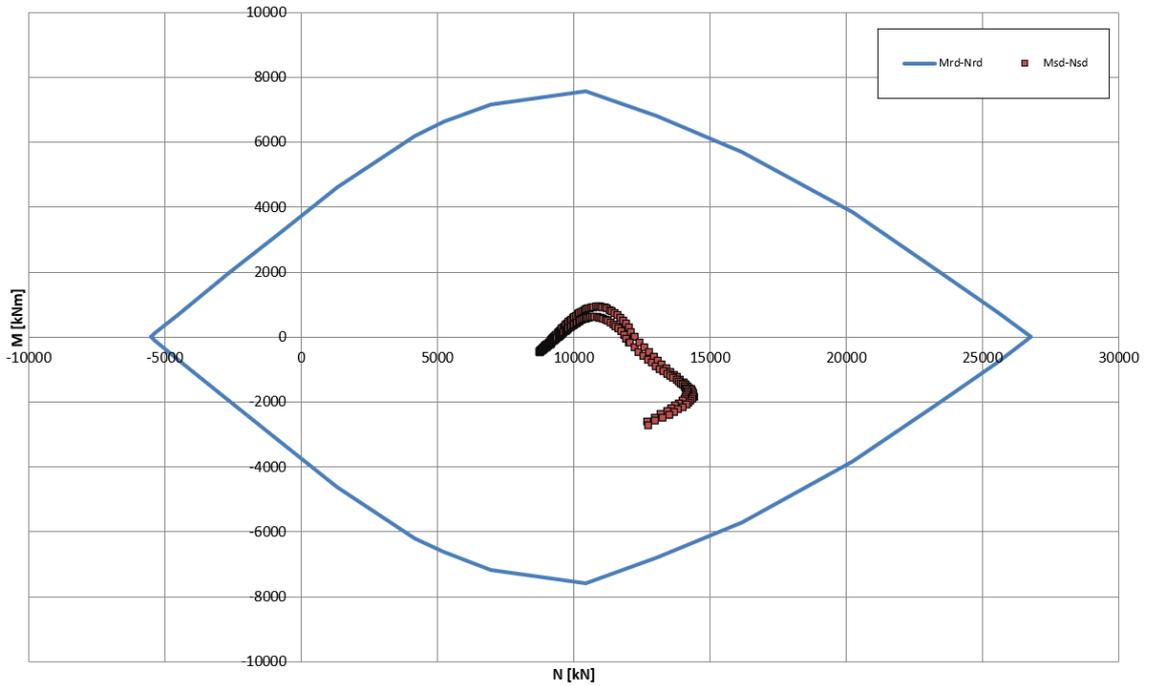


Figura 219 : Dominio M-N SLU Calotta (B=1,00 m, H=1,5 m)

Verifica a pressoflessione SLU - Piedritto

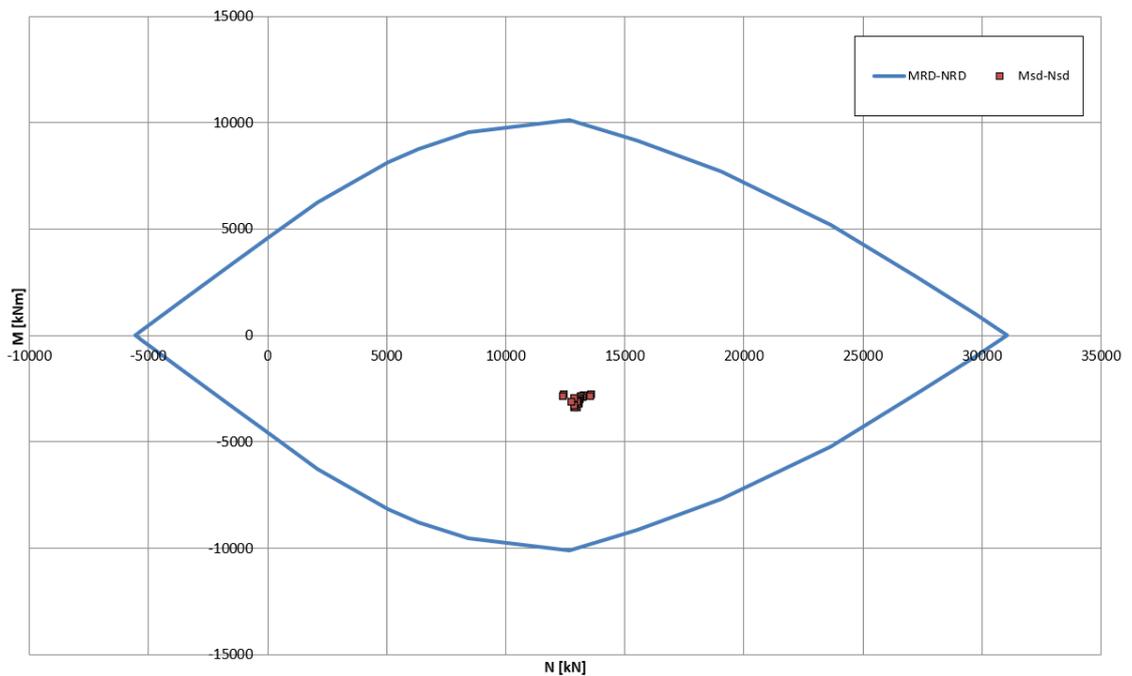


Figura 220 : Dominio M-N SLU Piedritto (B=1,00 m, H=1,8 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 260 di 288

Verifica a pressoflessione SLU - Arco rovescio

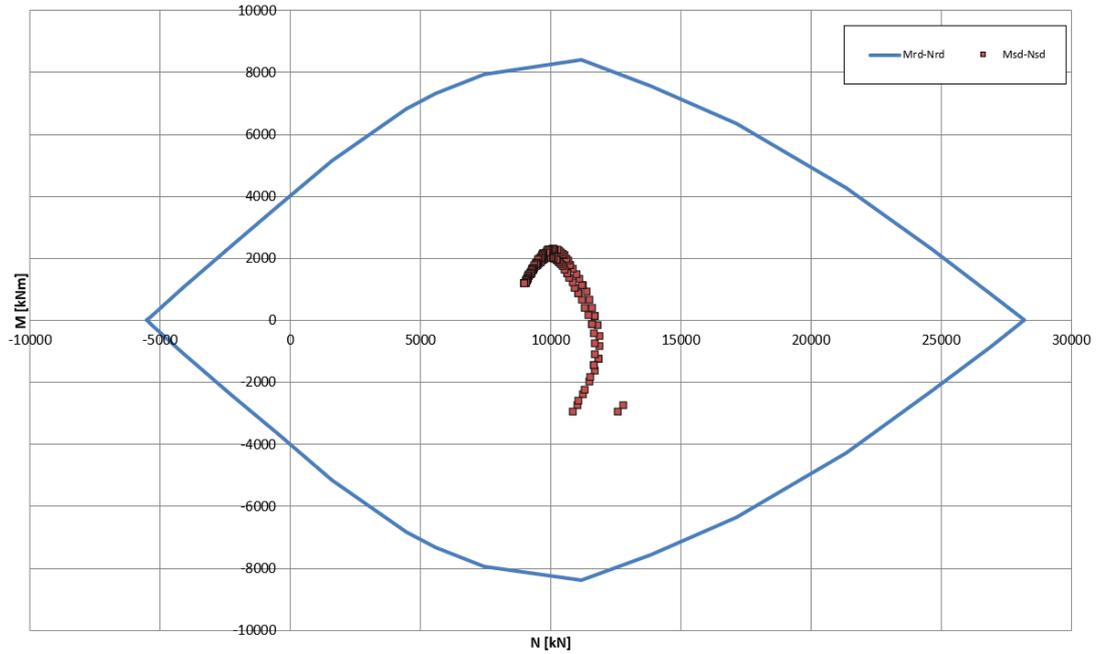


Figura 221 : Dominio M-N SLU Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,60 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 261 di 288

A seguire si riporta l'esito delle verifiche a taglio eseguite:

Verifica a Taglio SLU - Calotta

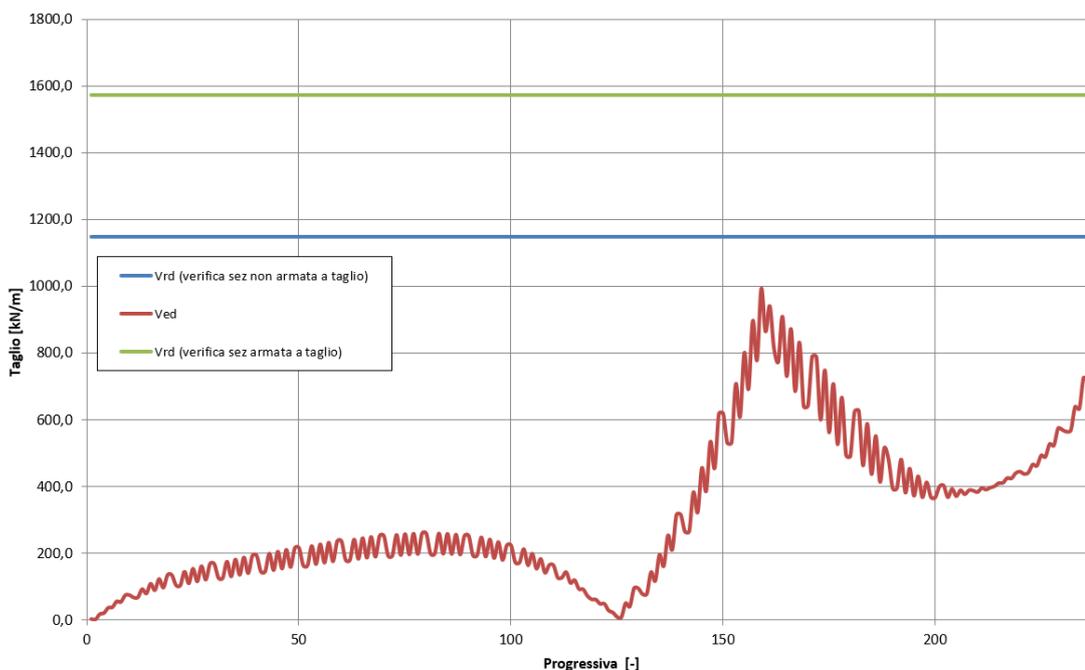


Figura 222 : Verifica a Taglio SLU Calotta (B=1,00 m, H=1,50 m)

Verifica a Taglio SLU - Piedritto

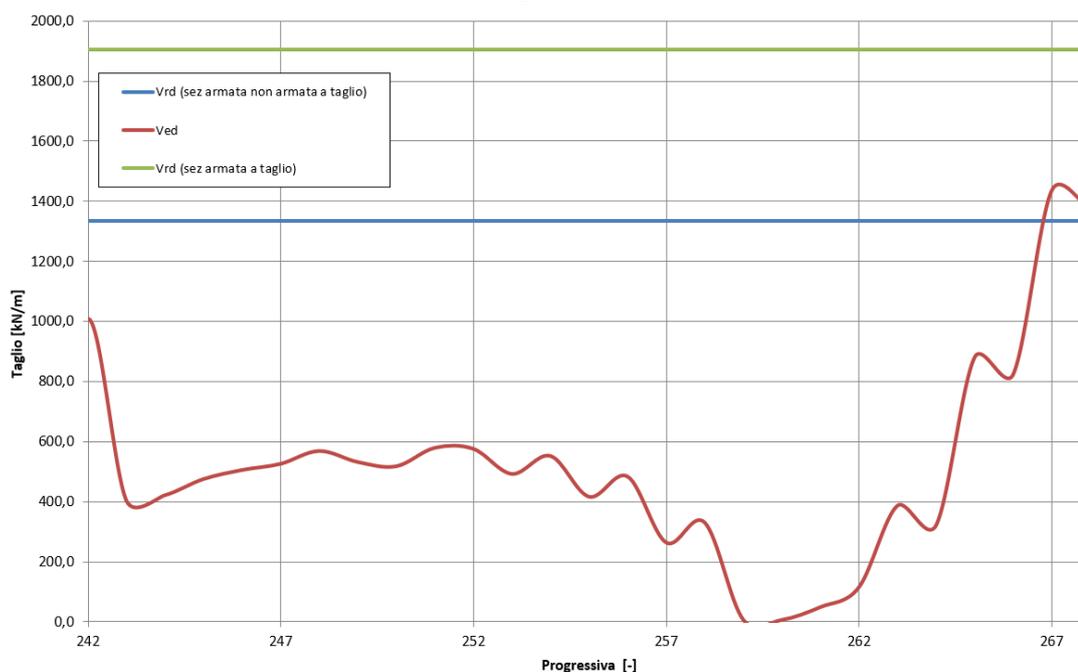


Figura 223 : Verifica a Taglio SLU piedritto (B=1,00 m, H=1,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 262 di 288

Verifica a Taglio SLU - Arco rovescio

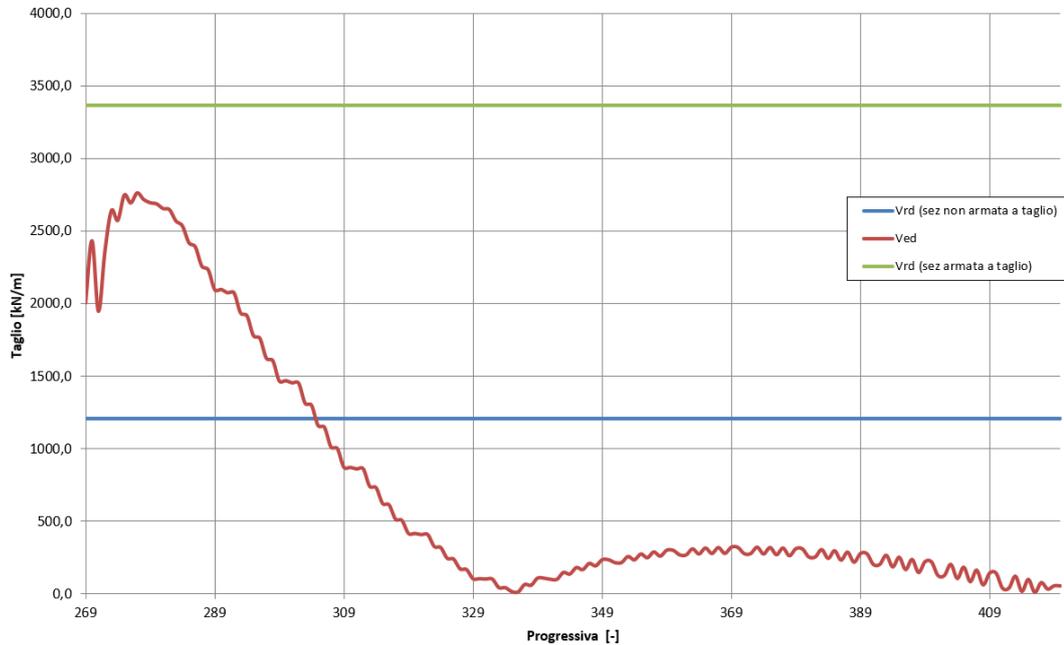


Figura 224 : Verifica a Taglio SLU piedritto (B=1,00 m, H=1,60 m)

In definitiva, tenuto conto della verifica a taglio eseguita, si prevede pertanto l'inserimento di specifica armatura a taglio costituita da spille $\phi 16$ disposte con passo radiale di 40 cm ed in No. Di 2,5 (passo 40cm), 2,5 (passo 40cm), e 5/m (passo 20cm) rispettivamente per calotta, piedritto e arco rovescio in direzione longitudinale.

Si riporta di seguito l'esito della verifica a taglio in forma tabellare eseguita per le sezioni maggiormente sollecitate:

Frame	Sezione	Nodo	V_{Ed} [kN]	Combo	A_{sw}/s [mm ² /m]	b_w [mm]	d [mm]	V_{Rd} [kN]	Verifica
267	Base-pied	A	1436,3	SLU	1256,6	1000	1721	1904,1	OK
268	Base-pied	B	1372,2	SLU	1256,6	1000	1721	1904,1	OK
237	Estr-Cal	C	844,2	SLU	1256,6	1000	1421	1572,2	OK
238	Estr-Cal	D	842,6	SLU	1256,6	1000	1421	1572,2	OK
1	Mezz-cal	E	2,5	SLU	1256,6	1000	1421	1572,2	OK
275	Estr-AR	F	2746,0	SLU	2513,3	1000	1521	3365,6	OK
280	Estr-AR	G	2685,3	SLU	2513,3	1000	1521	3365,6	OK
420	Mezz-AR	H	52,6	SLU	2513,3	1000	1521	3365,6	OK

Tabella 75 : Estratto verifiche a taglio (tenendo conto delle spille radiali)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 263 di 288

Verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa vigente (Rif. [1]) stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SLE di fessurazione) ed al contempo, impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SLE di tensione).

Anche le verifiche SLE di tensione per la calotta e arco rovescio risultano soddisfatte sia lato calcestruzzo che lato acciaio rispettando i valori limite imposti sia dalla Normativa vigente (Rif. [1]) che dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [13]).

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche SLE condotte sul rivestimento definitivo relativamente alla condizione di lungo termine (Fase 17).

- Stato Limite di Fessurazione

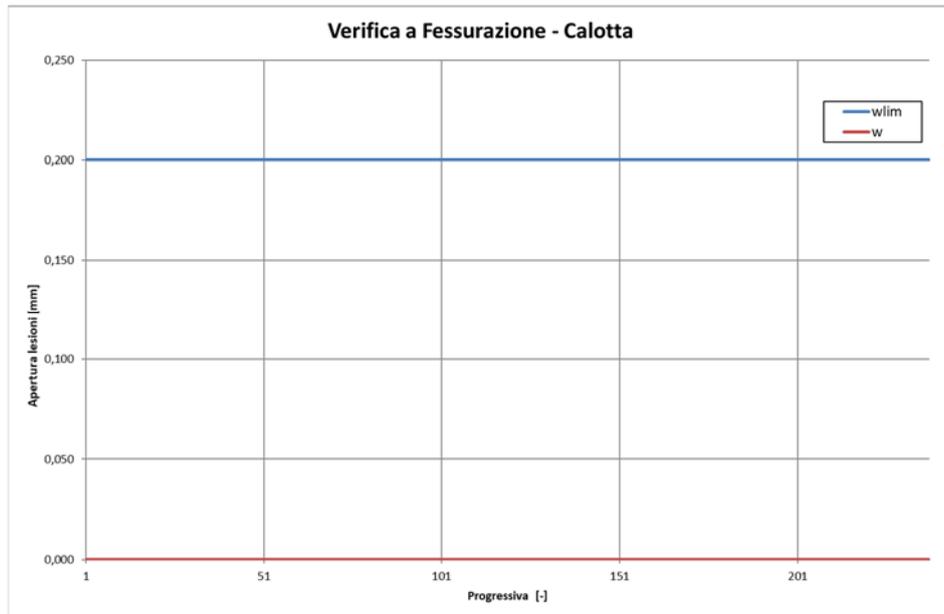


Figura 225 : Verifica SLE Fessurazione - Calotta (B=1,00 m, H=1,50 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 264 di 288

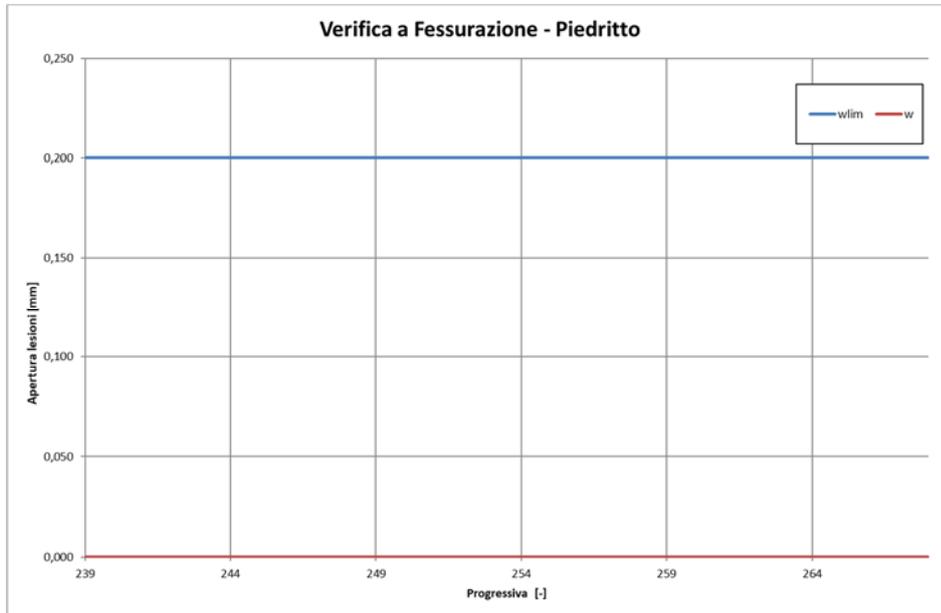


Figura 226 : Verifica SLE Fessurazione – Piedritto (B=1,00 m, H=1,80 m)

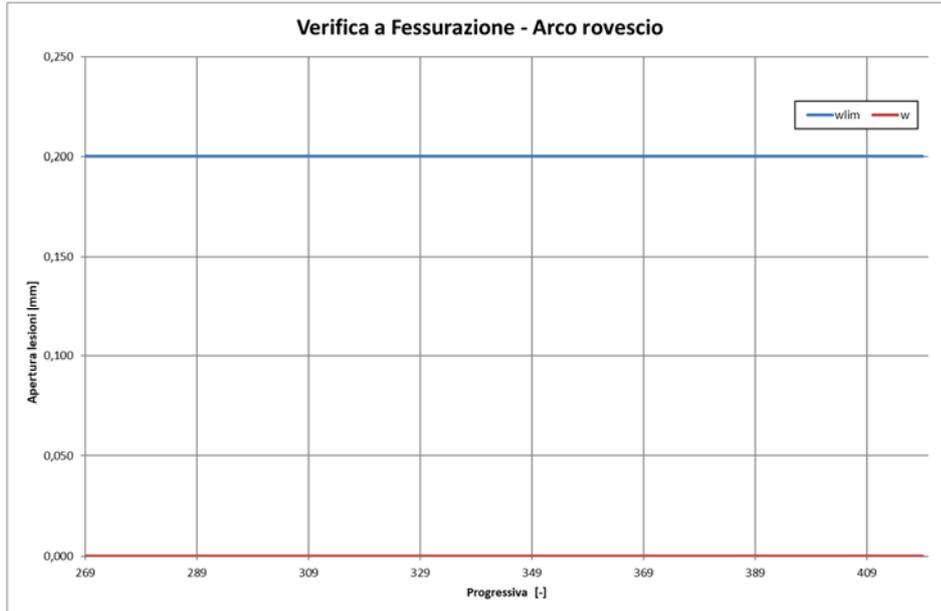


Figura 227 : Verifica SLE Fessurazione – Arco Rovescio (B=1,00 m, H=1,60 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 265 di 288

- Stato limite di Tensione

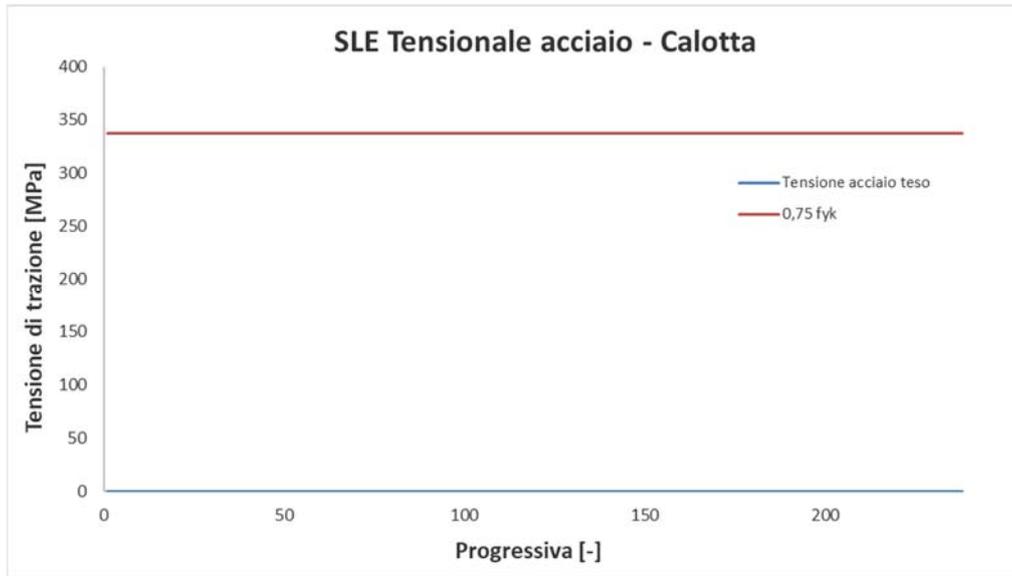


Figura 228 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Calotta (B=1,00 m, H=1,50 m)

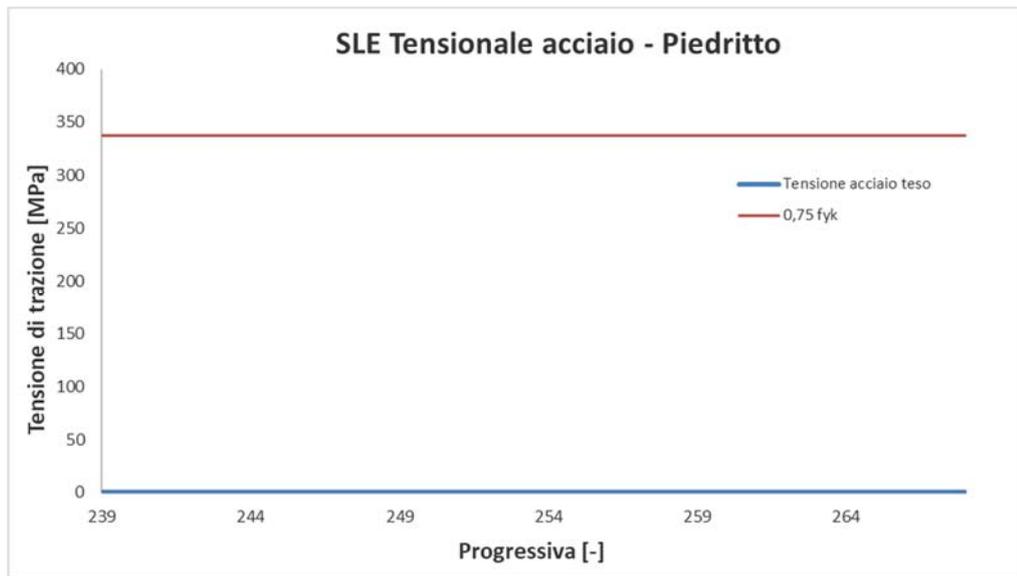


Figura 229 : Verifica SLE Tensionale acciaio - Piedritto (B=1,00 m, H=1,80 m)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 266 di 288

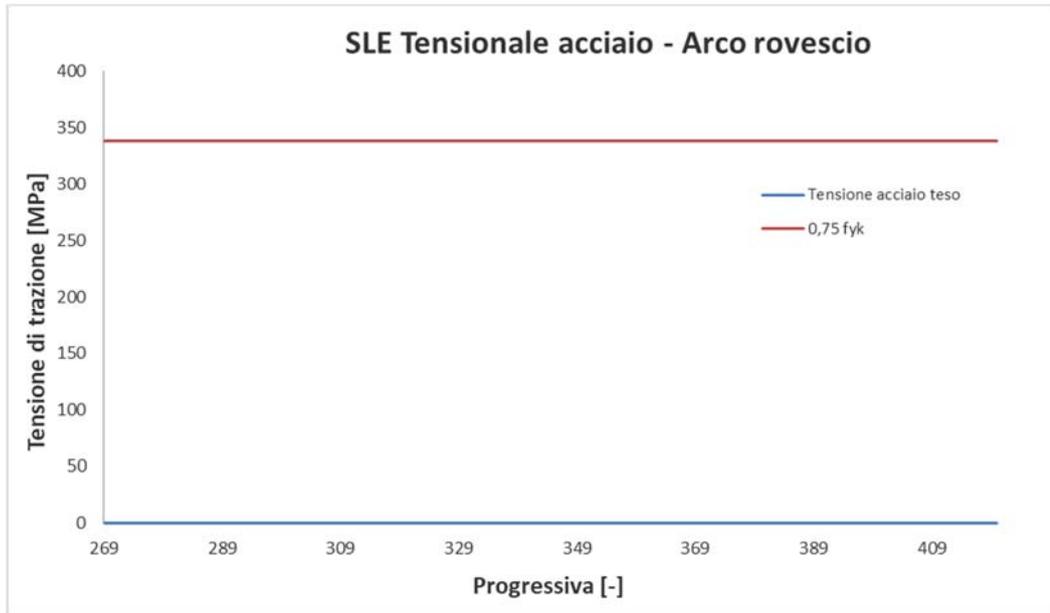


Figura 230 : Verifica SLE Tensionale acciaio – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,60 m)

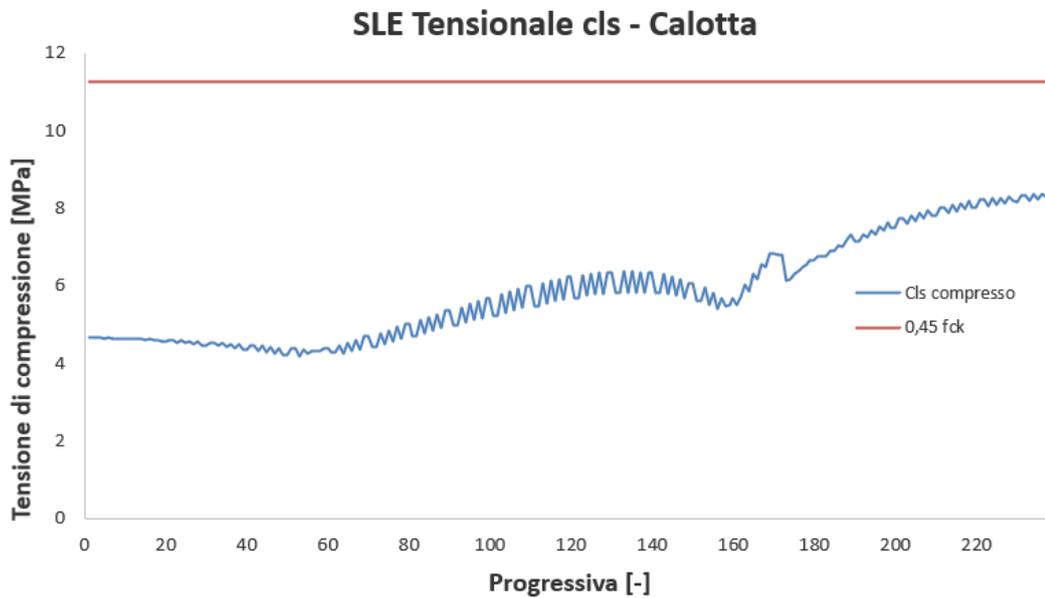


Figura 231 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Calotta (B=1,00 m, H=1,50)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 267 di 288

SLE Tensionale cls - Piedritto

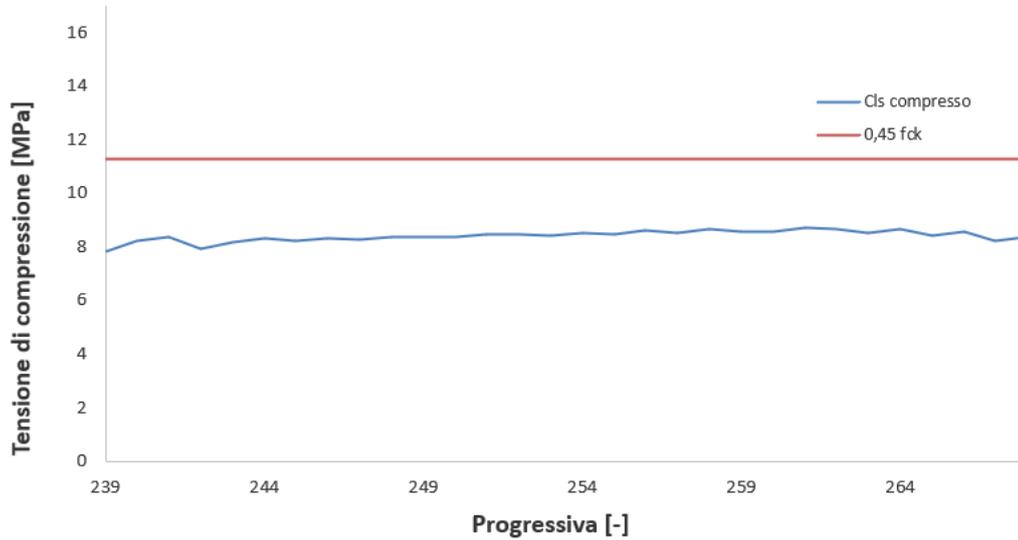


Figura 232 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Piedritto (B=1,00 m, H=1,80)

SLE Tensionale cls - Arco rovescio

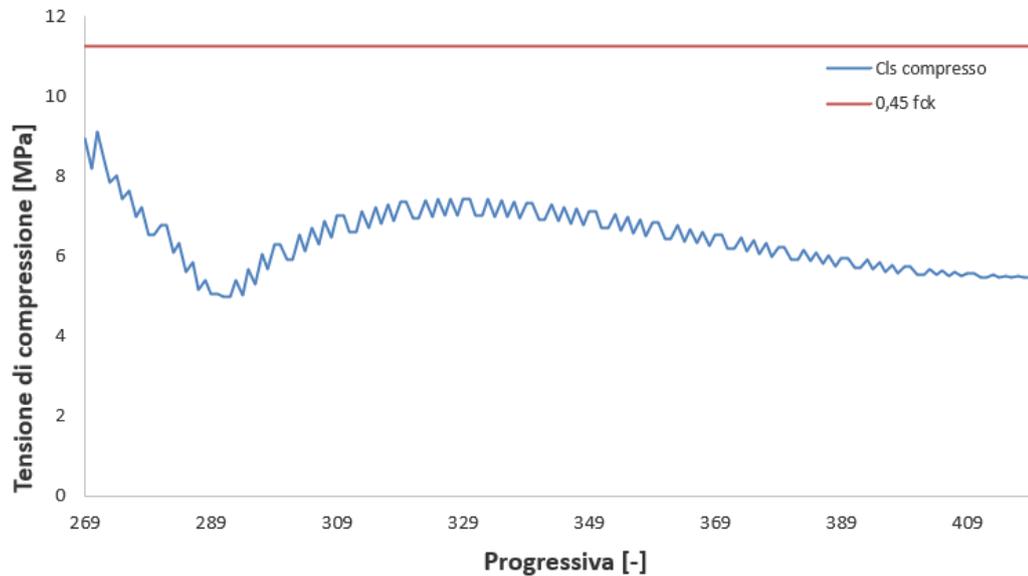


Figura 233 : Verifica SLE Tensionale calcestruzzo – Arco rovescio (B=1,00 m, H=1,60)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 268 di 288

A seguire si riporta prima il dimensionamento delle armature della soletta interna alla sezione del camerone di sosta e manovra e poi dei ferri di inghisaggio post-istallati di collegamento con il rivestimento definitivo della galleria.

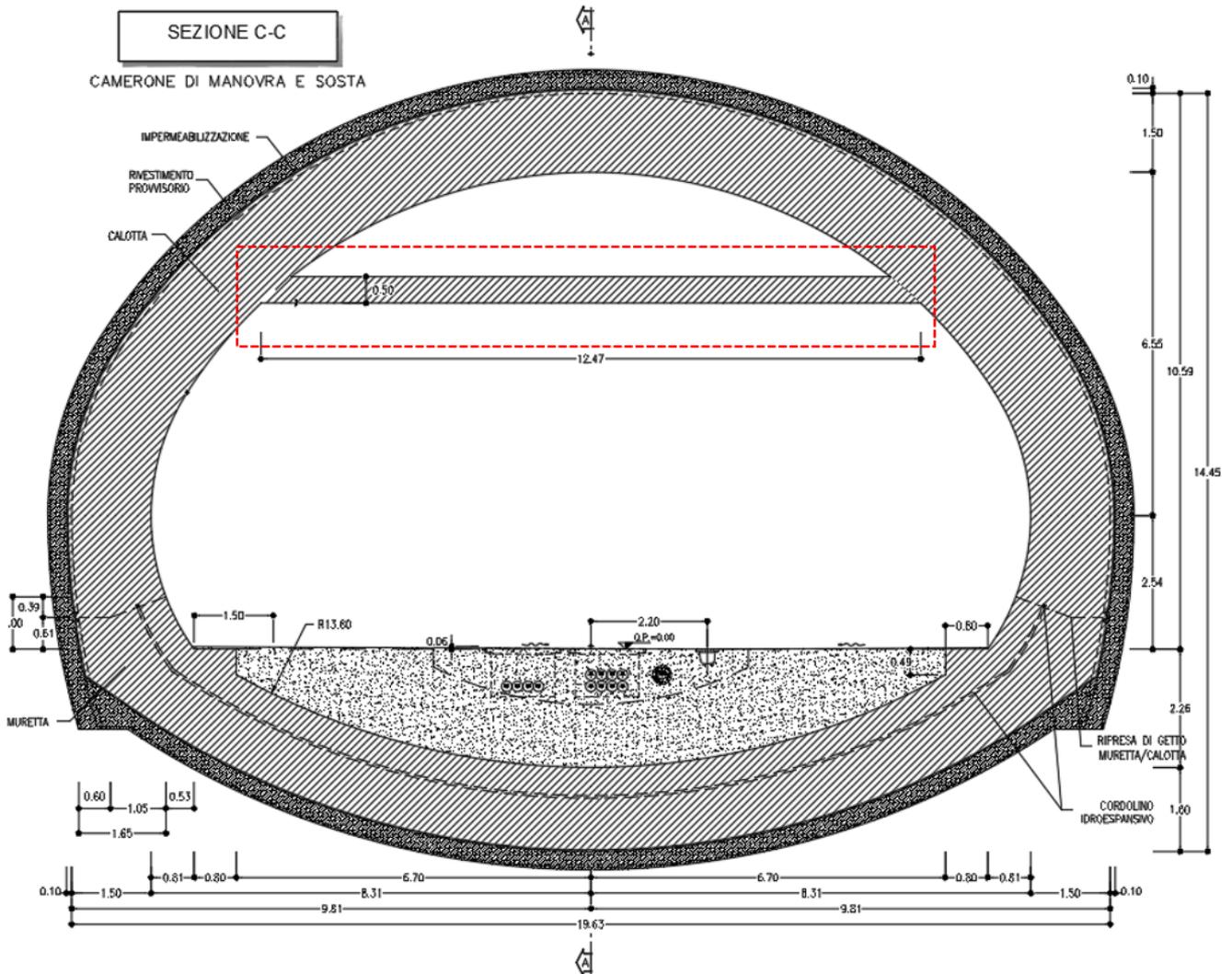


Figura 234 : Soletta interna alla Sezione del Camerone di sosta e manovra

La soletta in esame presenta una luce di 12,5m ed altezza 0,5m, il calcolo verrà eseguito considerando uno schema statico di trave appoggiata-appoggiata e considerando un carico variabile di 2 kN/m².

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 269 di 288

Caratteristiche geometriche soletta

L =	12,5	[m]
H =	500	[mm]
c =	60	[mm]

Coefficienti parziali e carico variabile

γ_{gk} =	1,3	[-]
γ_{Qk} =	1,5	[-]
Q_k =	2	[kN/m ²]

Calcolo azioni di progetto (Trave APP-APP)

Q_{slu}	$1,3 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k =$	19,25	[kN/m/m]
M_{max}	$(Q_{slu} \cdot L^2) / 8 =$	375,977	[kNm/m]
V_{max}	$(Q_{slu} \cdot L) / 2 =$	120,313	[kN/m]

Armatura inferiore richiesta soletta a metà campata

$$A_{s,rqd} = M_{ed} / (0,9d \cdot f_{yd}) = 2426,336 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Armatura soletta inferiore fornita a metà campata

ϕ =	22	[mm]
No. Ferri =	10	[/m]
A_s =	3801,327	[mm ² /m]

Armatura soletta superiore fornita

ϕ =	16	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
A_s =	603,1857895	[mm ² /m]

Armatura inferiore in appoggio soletta

$F_e = (V_{ed} \cdot (H-c)) / (0,9 \cdot d) =$	133,681	[kN/m]
$A_{s,rqd} =$	341,6281	[mm ² /m]
ϕ =	18	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
$A_s =$	763,407	[mm ² /m]

Armatura trasversale superiore e inferiore

$A_{s,trasv} / A_s =$	20%	[-]
$A_{s,trasv,min} =$	485,2672	[mm ² /m]
ϕ =	16	[mm]
No. Ferri =	3	[/m]
$A_{s,prov} =$	603,1858	[mm ² /m]

Verifica a taglio soletta

$V_{rcd}(\cot\theta=1) =$	1402,5	[kN/m]
$s_{min} =$	209,43	[mm]
$s_d =$	200	[mm]
ϕ =	10	[mm]
n.br =	4	[-]
$A_{st} =$	314,15	[mm ²]
$\omega_{sw} =$	0,043	[-]
$\cot\theta^* =$	3,244	[-]
$V_{rd} =$	608,513	[kN/m]
$V_{rd} > V_{ed} ? =$	si	[-]

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza				
	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 270 di 288

Stato limite tensionale (SLE)

Med,qp 256 [kNm/m]
 $\sigma_{s,inf}$ = 175,6 [MPa]
 $\sigma_{s,lim} = 0,8 \cdot f_{yk}$ = 360 [MPa]
 σ_c = 7,2784 [MPa]
 $\sigma_{c,lim} = 0,45 \cdot f_{ck}$ = 11,25 [MPa]
Verifica $\sigma < \sigma_{lim}$? = si [-]

Stato limite di apertura delle fessure (SLE)

$\sigma_{s,inf}$ = 175,6 [MPa]
Mfess = 116,14 [kNm/m]
 ϵ_{sm} = 0,000748 [-]
w = 0,199 [mm]
wlim = 0,2 [mm]
w < wlim ? si [-]

Stato limite di deformabilità

Qrara = 14,5 [kN/m/m]
I = 1,04E+10 [mm⁴/m]
f = 14,06 [mm]
flim = (L/200) = 62,5 [mm]
f < flim ? = si [-]

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 271 di 288

Calcolo di sostegno terminale di una soletta semplicemente appoggiata secondo Eurocodice 2

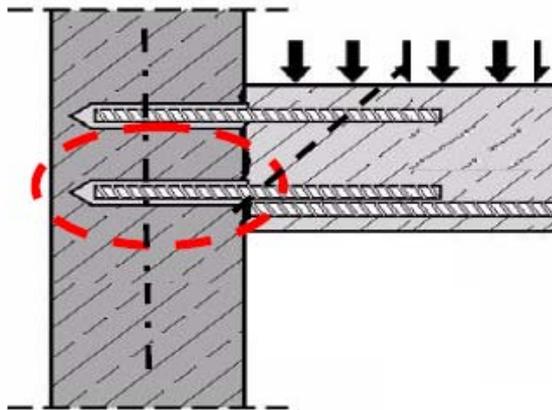


Figura 235 : Vista schematica collegamento inghisaggi post-istallati

Armatura inferiore al supporto

Armatura minima da ancorare al supporto:

$$A_{s,min} = (k \cdot k_c \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}) / \sigma_s = 569,992 \text{ [mm}^2/\text{m]} \quad \{\text{parag. 7.3.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$A_{s,min} = 0,5 \cdot A_{s,rqd} = 1213,168 \text{ [mm}^2/\text{m]} \quad \{\text{parag. 9.3.1.2(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$A_{s,min} = 0,25 \cdot A_{s,prov,app} = 950,3318 \text{ [mm}^2/\text{m]} \quad \{\text{parag. 9.2.1.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$\phi = 18 \text{ [mm]}$$

$$\text{No. Ferri} = 5 \text{ [/m]}$$

$$A_{s,prov} = 1272,345 \text{ [mm}^2/\text{m]}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di base richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2004, par. 8.4.3}

$$\phi = 18 \text{ [mm]}$$

$$\sigma_{sd} = 373,105 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$f_{bd} = 3,175 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = 528,81 \text{ [mm]}$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di progetto richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2011, par. 8.4.4}

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} > l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_2 = 0,7 \text{ [-]}$$

$$\alpha_3 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_4 = 1 \text{ [-]}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ [-]}$$

$$l_{bd} = 370,167 \text{ [mm]}$$

$$l_{b,min} = \max \{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}\} \quad \{\text{parag. 8.4.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$l_{b,min} = 180 \text{ [mm]}$$

$$l_{b,progetto} = 400 \text{ [mm]}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 272 di 288

Armatura superiore al supporto

Armatura minima da ancorare al supporto:

$$A_{s,min} = (k \cdot k_c \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}) / \sigma_s = 569,992 \quad \{\text{parag. 7.3.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2004}\}$$

$$A_{s,min} = 0,25 \cdot A_{s,rqd} = 606,584 \quad \{\text{parag. 9.3.1.2(2), EC2: EN 1992-1-1:2004}\}$$

$$\phi = 16 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{No. Ferri} = 4 \quad [/\text{m}]$$

$$A_{s,prov} = 804,25 \quad [\text{mm}^2/\text{m}]$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di base richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2004, par. 8.4.3}

$$\phi = 16 \quad [\text{mm}]$$

$$\sigma_{sd} = 295,132 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$f_{bd} = 3,175 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$l_{b,rqd} = (\phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = 371,82 \quad [\text{mm}]$$

Calcolo lunghezza di ancoraggio di progetto richiesta {EC2: EN 1992-1-1:2011, par. 8.4.4}

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} > l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad [-]$$

$$\alpha_2 = 0,7 \quad [-]$$

$$\alpha_3 = 1 \quad [-]$$

$$\alpha_4 = 1 \quad [-]$$

$$\alpha_5 = 1 \quad [-]$$

$$l_{bd} = 260,273 \quad [\text{mm}]$$

$$l_{b,min} = \max \{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm}\} \quad \{\text{parag. 8.4.4(1), EC2: EN 1992-1-1:2011}\}$$

$$l_{b,min} = 160 \quad [\text{mm}]$$

$$l_{b,progetto} = 300 \quad [\text{mm}]$$

Verifica a taglio connettori

$$\phi_{inf} = 18 \quad [\text{mm}]$$

$$\phi_{sup} = 16 \quad [\text{mm}]$$

$$\Phi = 0,6 \quad [-]$$

$$\text{No. Ferri, inf} = 5 \quad [/\text{m}]$$

$$\text{No. Ferri, sup} = 4 \quad [/\text{m}]$$

$$V_{rd,inf} = 54,97 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{rd,sup} = 43,43 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{rd,tot} = 448,54 \quad [\text{kN}/\text{m}]$$

$$V_{max} = 120,3125 \quad [\text{kN}/\text{m}]$$

$$V_{rd,tot} > V_{max} ? \quad \text{si} \quad [-]$$

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>273 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	273 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	273 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

Verifica trasferimento sforzo di taglio all'interfaccia

Vedi	240,625	[kN/m ²]	
c	0,45	[-]	
Vrd,c	538,64	[kN/m ²]	
v	0,54	[-]	(EN 1992-1-1:2004 [6.2.2])
Vrdi,max	3825	[kN/m ²]	
Vrdi	538,64	[kN/m ²]	min(Vrdi,max,Vrd,c)
Vrdi > Ved ?	si	[-]	

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D FOGLIO 274 di 288

A seguire si riporta l'incidenza delle armature necessario al soddisfacimento delle verifiche di sicurezza:

SPESSORE	1,5	CALOTTA				
V _{cls} (m ²)	1,5	passo ripartitori	0,2	m		
γ _{acc} (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m		
		passo spille long	0,4	m		
Camerone di sosta e manovra						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura principale	30	5,549	1	20	1,1	122,1
armatura long	14	1,208	1	10	1,1	13,3
armatura spille	16	1,578	1,4	6,25	1,1	15,2
					TOT fless	135,4
					TOT shear	15,2

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	95,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	15,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m ³)	110,00

SPESSORE	1,6	ARCO ROVESCIO				
V _{cls} (m ²)	1,6	passo ripartitori	0,2	m		
γ _{acc} (kg/m ³)	7850	passo spille rad	0,4	m		
		passo spille long	0,4	m		
Camerone di sosta e manovra						
	Φ (mm)	Peso/m (kg/m)	L (m)	n (-)	α (-)	P tot (kg)
armatura principale	30	5,549	1	20	1,1	122,1
armatura long	14	1,208	1	10	1,1	13,3
armatura spille	16	1,578	1,5	6,25	1,1	16,3
					TOT fless	135,4
					TOT shear	16,3

INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	85,00
INCIDENZA= Ptot/V (kg/m ³)	15,00
INCIDENZA,TOT= Ptot/V (kg/m ³)	100,00

Tabella 76 : Incidenza armatura Camerone di sosta e manovra

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 275 di 288

8 VALUTAZIONE AZIONE DI RIGONFIAMENTO SUI RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Per una valutazione dell'effetto rigonfiante del terreno, sul rivestimento definitivo nel lungo termine, ricavato dalle prove di laboratorio, i cui risultati sono riportati sia nella relazione geotecnica sia nel paragrafo 5.3 della presente relazione, è stato adottato il seguente approccio.

La sezione policentrica del rivestimento definitivo della galleria è stata schematizzata ad una sezione circolare con diametro equivalente ricavato dalla superficie di scavo della sezione della galleria; per valutare l'incremento dell'azione assiale dovuto alla pressione di rigonfiamento, si utilizza la seguente formula di Mariotte per i tubi in pressione:

$$N = \frac{p \cdot D}{2}$$

dove:

N = azione assiale agente in corrispondenza della sezione circolare del rivestimento definitivo, per effetto della pressione di rigonfiamento;

p = pressione di rigonfiamento applicata all'estradosso del tubo assunta, cautelativamente, pari al valore massimo ricavato dalle prove di rigonfiamento e pari a 300 kPa;

D = diametro equivalente della galleria.

Applicando tale formula per la verifica della sezione tipo del camerone di sosta e di manovra, scelto come rappresentativo in quanto la sezione tipo è caratterizzata dal rivestimento definitivo maggiormente sollecitato, rispetto alle sezioni tipo correnti della finestra F1, si ottiene:

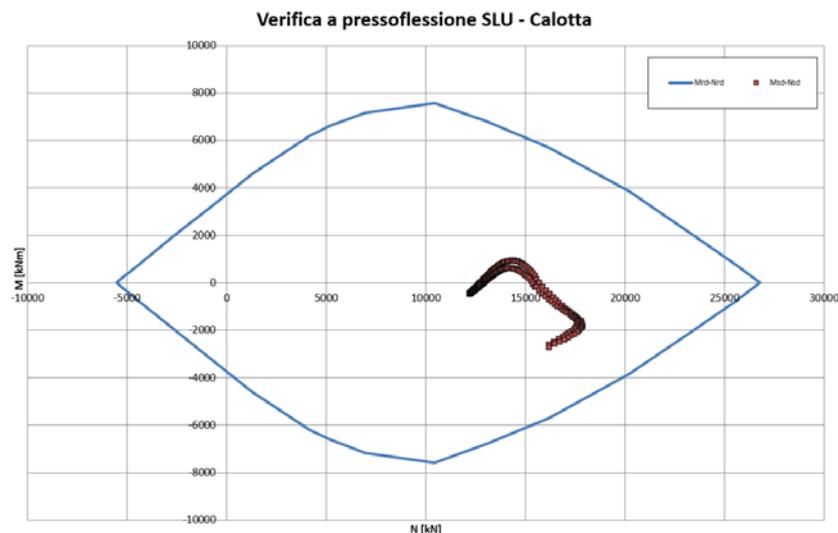
$$D = \sqrt{\frac{A_s \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{246.6 \cdot 4}{\pi}} = 17.72 \text{ m}$$

essendo A_s la sezione di scavo del camerone, ed infine:

$$N = 300 \text{ kPa} \cdot 17,72 \text{ m} / 2 = 2658 \text{ kN/m}$$

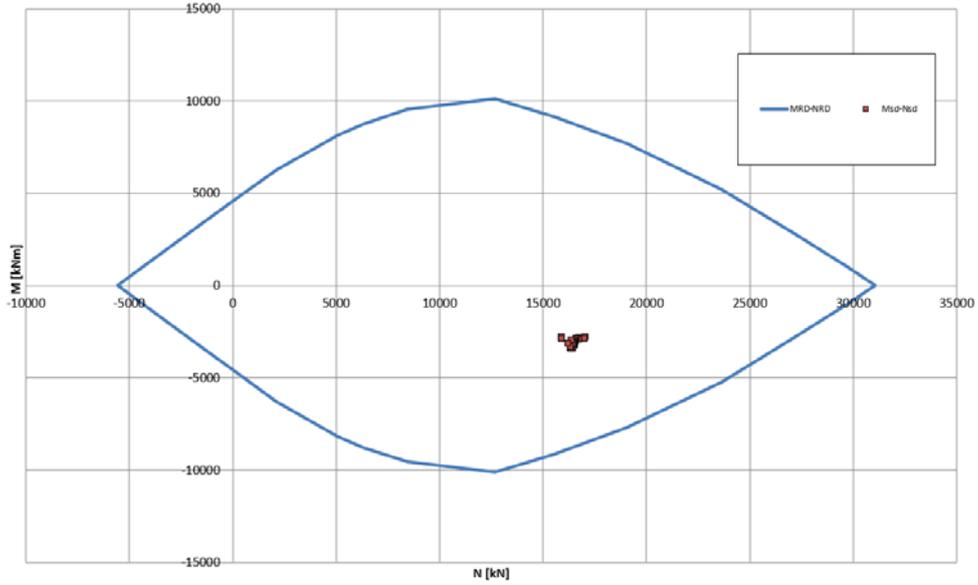
Pertanto, rispetto all'azione assiale ricavata dall'analisi numerica, nell'ultima fase relativa alla condizione di lungo termine si ottiene un incremento di 2658 kN/m di sforzo normale agente sulla sezione.

Sulla base di tali valori di azione assiale, nella seguente Figura 236 sono riportate le relative verifiche allo Stato Limite Ultimo.



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 276 di 288

Verifica a pressoflessione SLU - Piedritto



Verifica a pressoflessione SLU - Arco rovescio

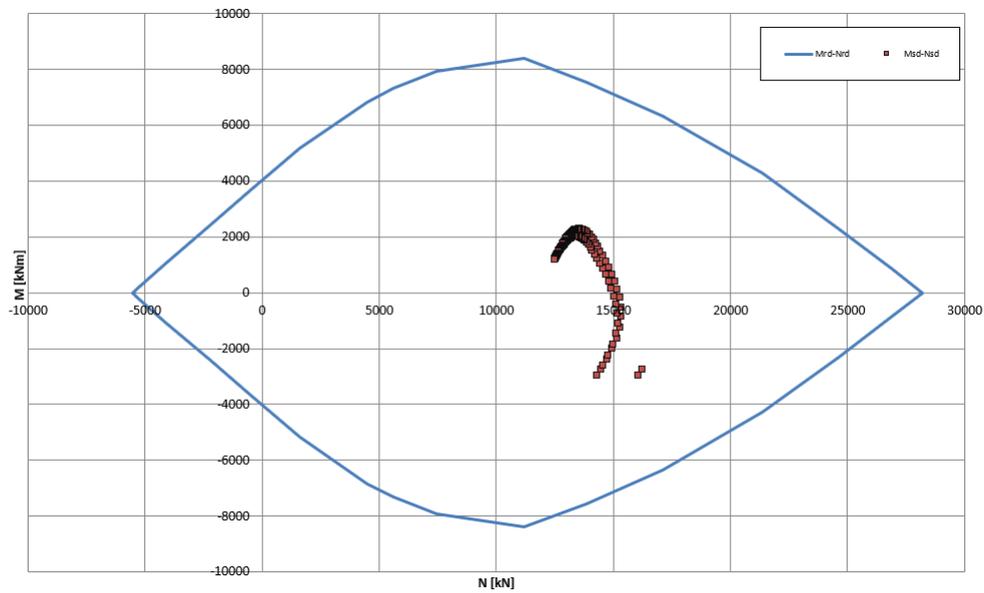


Figura 236 : Verifica SLU presso-flessione in presenza di rigonfiamento

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 277 di 288

9 SUBSIDENZE

9.1 SINTESI DEGLI EDIFICI SUSCETTIBILI

A partire dall'imbocco della finestra costruttiva F1, per una lunghezza di circa 300 m, sono presenti, in prossimità delle gallerie, gli edifici riportati nella seguente Tabella 77, potenzialmente interessati dalle subsidenze indotte dallo scavo della galleria d'accesso / uscita.

Tabella 77 : sintesi degli edifici recensiti in prossimità dell'accesso / uscita di F1

Edificio	Pk. in F1	Copertura (m)
1	0+100	25,0
2	0+150	33,2
3	0+222	49,5
4	0+290	65,2

La cartografia esposta di seguito, riporta la posizione degli edifici in oggetto; le valutazioni degli effetti indotti dallo scavo della galleria nel Progetto Definitivo, avevano indicato per 3 gli edifici una categoria di danno 1, mentre per l'edificio 1 una categoria di danno 2; valore per il quale si possono avere possibili danneggiamenti estetici, ma non strutturali.

Il livello di danno è stato definito in Progetto Definitivo sulla base di un'analisi empirica in condizioni di campo libero, basata sulla curva attesa di cedimento in superficie di Peck, ad andamento gaussiano e a seguito di un'ipotesi di volume perso, VP, pari al 2,5% rispetto al volume di scavo. La classe di danno è stata attribuita sulla base delle deformazioni di allungamento calcolate con il metodo della trave elastica e in accordo con le soglie limite dell'approccio di Boscardin e Cording (1989). Nel successivo paragrafo per la presente fase progettuale relativa al Progetto Esecutivo sono state condotte della analisi numeriche.

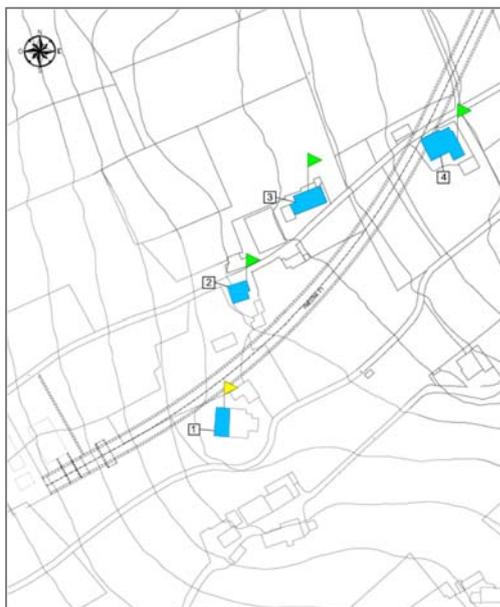


Figura 237 : Estratto di planimetria delle opere interferenti, con relativo livello di danno.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. FOGLIO D 278 di 288

9.2 ANALISI NUMERICHE PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO INDOTTO

In fase esecutiva, mantenendo inalterate le condizioni di campo libero, viene proposta un'analisi 2D agli elementi finiti, in corrispondenza della sezione soggiacente a ognuno degli edifici in Tabella 77, al fine di stimare numericamente i cedimenti verticali e gli spostamenti orizzontali in superficie, e in conseguenza, le classi di danno attese e il *volume loss* indotti dalla realizzazione dell'opera.

In particolare, sono stati calcolati i seguenti modelli :

- Due analisi FEM 2D, con applicazione della sezione B2, in funzione delle coperture degli edifici 1 e 2;
- Due analisi FEM 2D, con applicazione della sezione B2*, in funzione delle coperture degli edifici 3 e 4.

La di seguito riporta una sintesi delle analisi effettuate, in base agli edifici recensiti. In ogni caso, il volume loss risulta sempre inferiore all'1%.

I paragrafi seguenti riportano in dettaglio, per via grafica, i risultati delle analisi numeriche effettuate, in termini di :

1. Cedimento verticale in superficie;
2. Distorsione angolare in corrispondenza dell'edificio recensito (sulla base del metodo della trave equivalente) ;
3. Spostamento orizzontale in superficie;
4. Deformazione assiale in corrispondenza dell'edificio recensito (sulla base del metodo della trave equivalente);
5. Diagramma per la definizione della classe di danno indotto in accordo con l'approccio di Boscardin e Cording.

A seguito dei cedimenti indotti dallo scavo della finestra F1, tutti gli edifici rientrano in categoria di danno 0, per cui ogni effetto sulla struttura può essere considerato trascurabile.

Tabella 78 : sintesi delle sezioni analizzate per ogni edificio recensito

Edificio	Pk. in F1	Copertura rispetto a q.p.	Sezione analizzata	Volume di scavo della sezione (mc/ml)	Vp rispetto al volume di scavo (%)
1	0+100	25,0	B2	84,5	0,70
2	0+150	33,2			0,79
3	0+222	49,5	B2*	96,2	0,55
4	0+290	65,2			0,78

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 279 di 288

9.2.1 Edificio 1 – copertura = 25,0 m rispetto alla quota di progetto

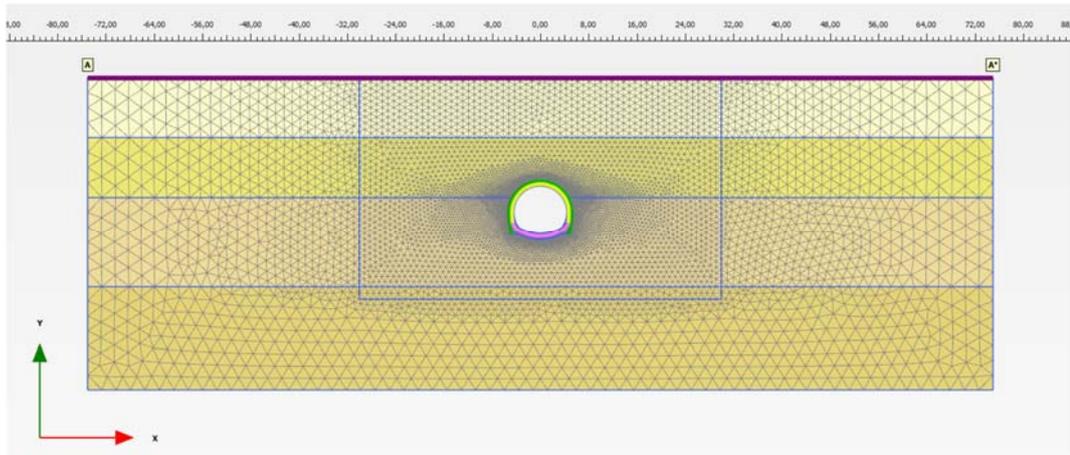


Figura 238 : Modello di calcolo, sezione B2 a ridosso dell'edificio 1 - Geometria mesh

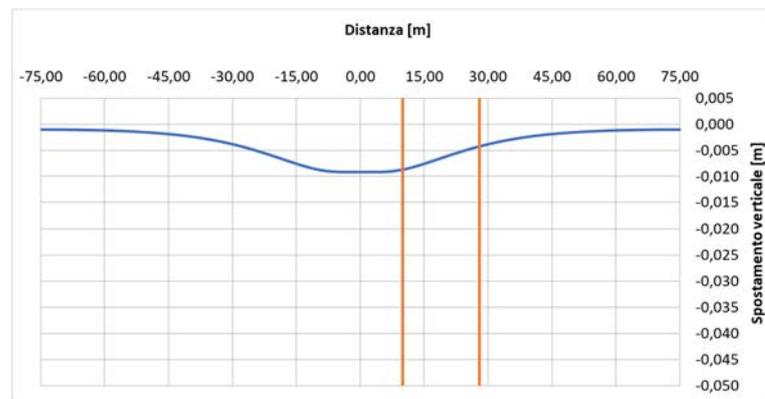


Figura 239 : cedimenti in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 1

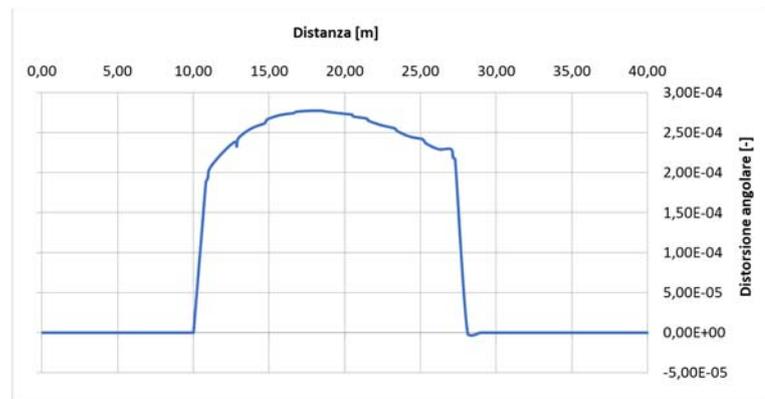


Figura 240 : distorsione angolare in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 1

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 280 di 288

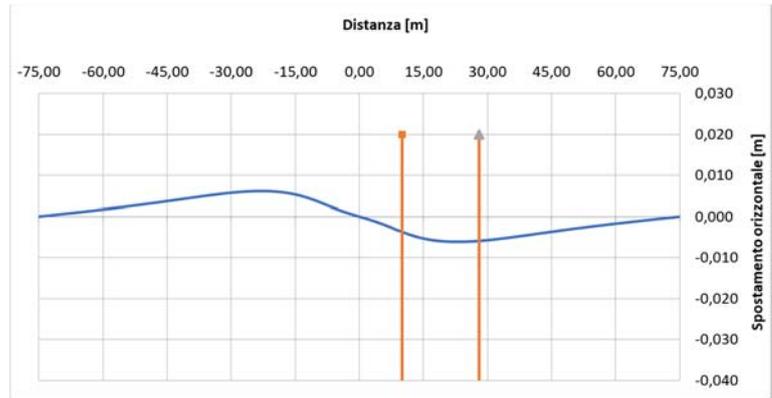


Figura 241 : spostamenti orizzontali in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 1

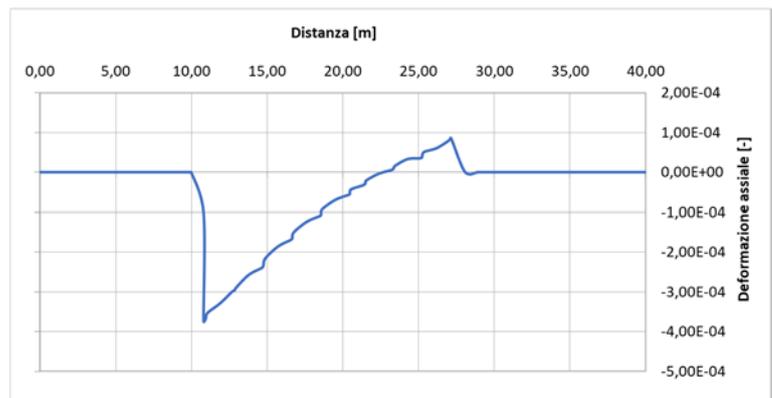


Figura 242 : deformazione assiale in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 1

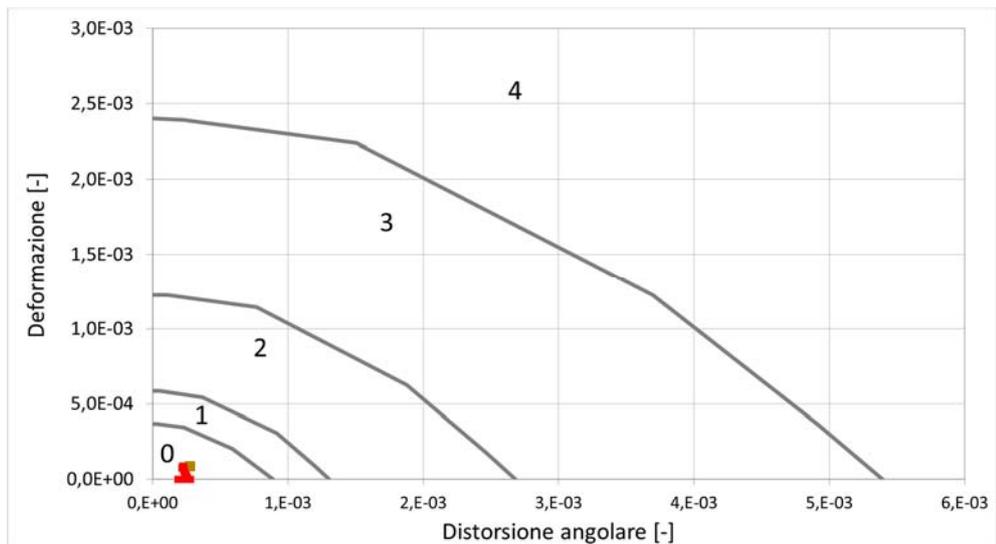


Figura 243 : diagramma di definizione del danno per l'edificio 1 – modello sezione B2 (Boscardin & Cording, 1989)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 281 di 288

9.2.2 Edificio 2 – copertura = 33,2 m rispetto alla quota di progetto

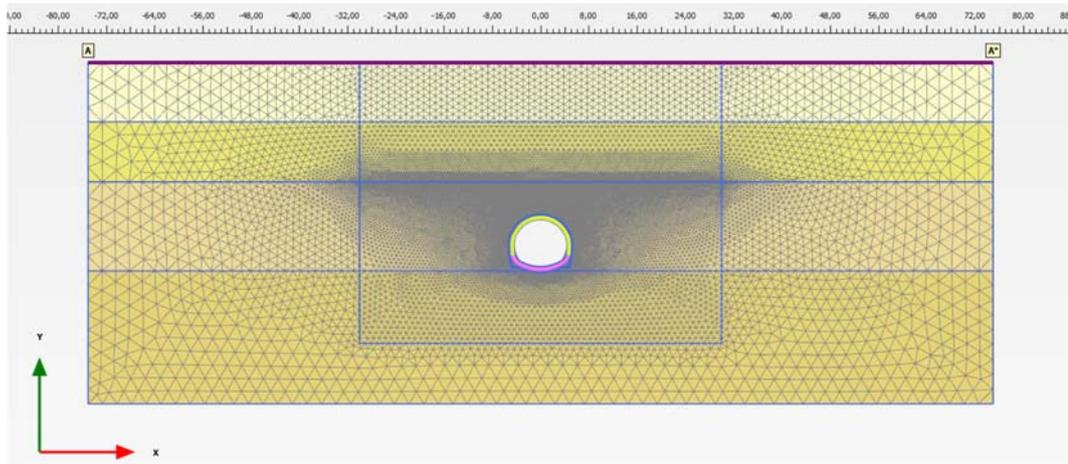


Figura 244 : Modello di calcolo, sezione B2 a ridosso dell'edificio 2 - Geometria mesh

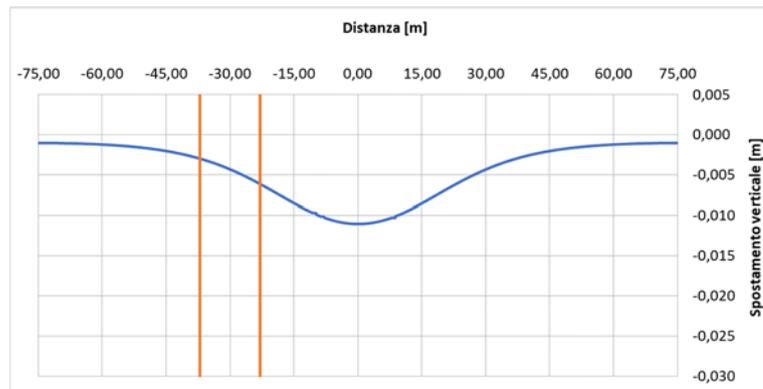


Figura 245 : cedimenti in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 2

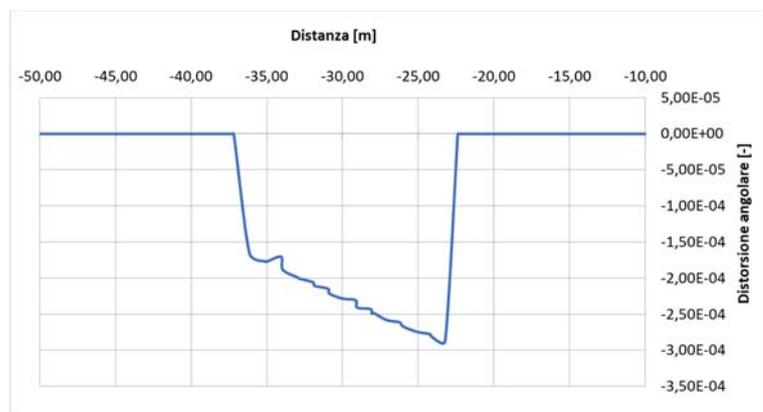


Figura 246 : distorsione angolare in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 2

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 282 di 288

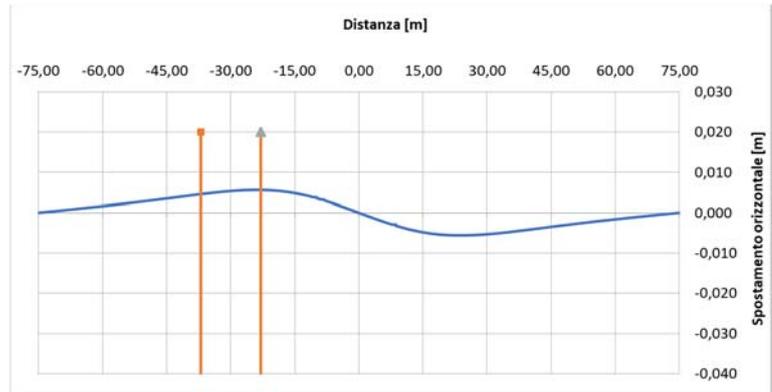


Figura 247 : spostamenti orizzontali in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 2

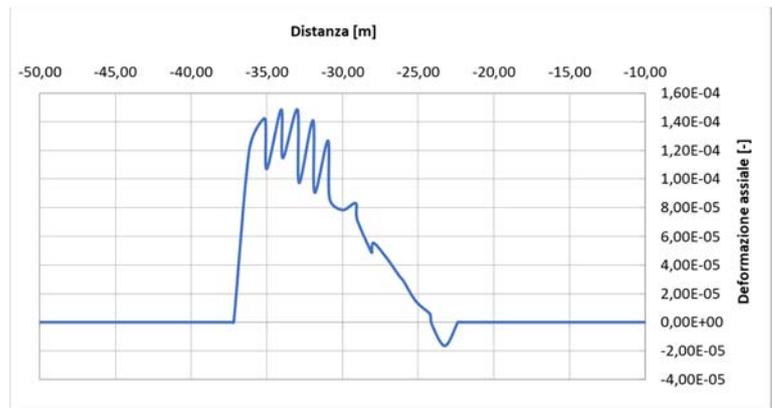


Figura 248 : deformazione assiale in superficie, campo libero – modello sezione B2 / edificio 2

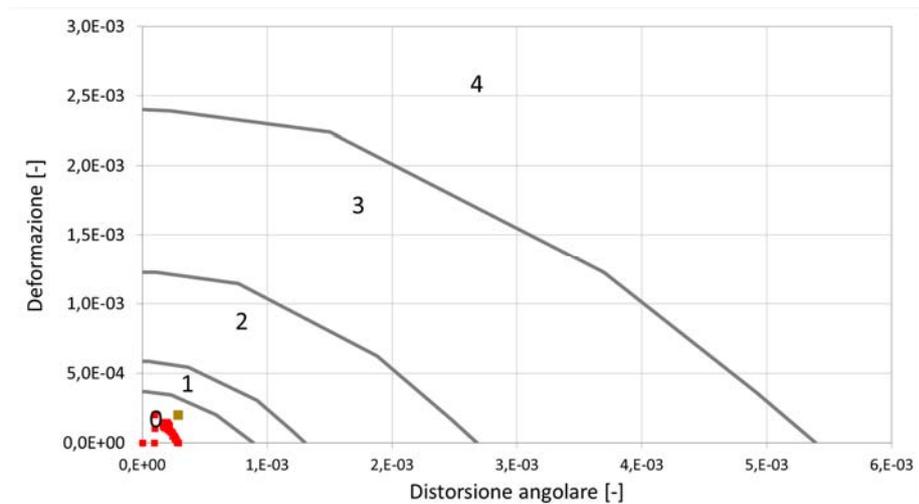


Figura 249 : diagramma di definizione del danno per l'edificio 2 – modello sezione B2 (Boscardin & Cording, 1989)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 283 di 288

9.2.3 Edificio 3 – copertura = 49,5 m rispetto alla quota di progetto

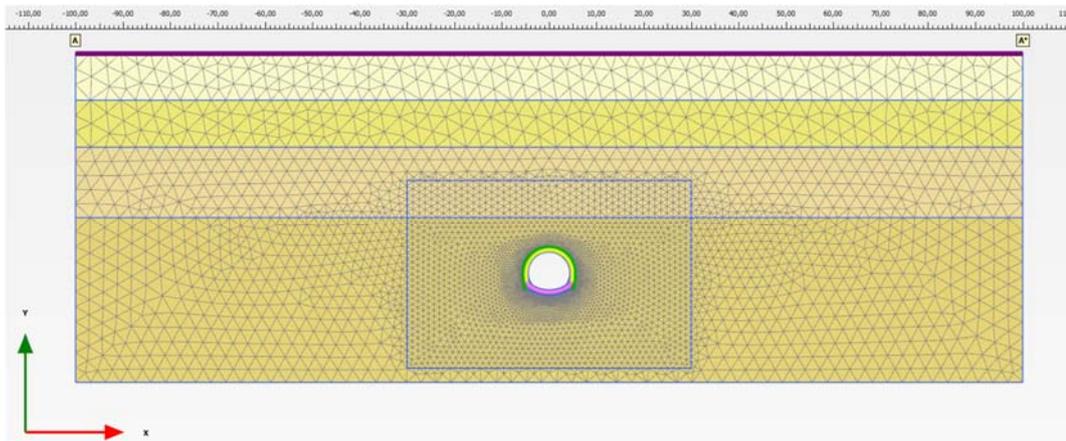


Figura 250 : Modello di calcolo, sezione B2* a ridosso dell'edificio 3 - Geometria mesh

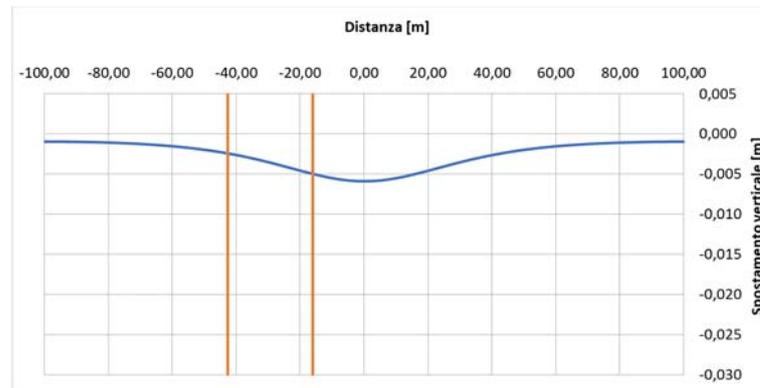


Figura 251 : cedimenti in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 3

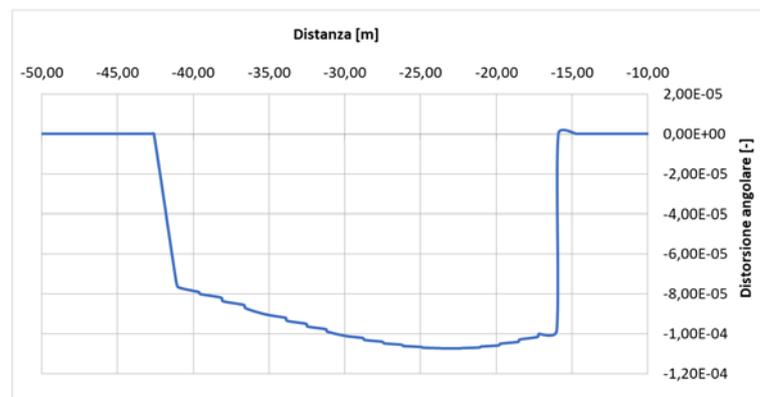


Figura 252 : distorsione angolare in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 3

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 284 di 288

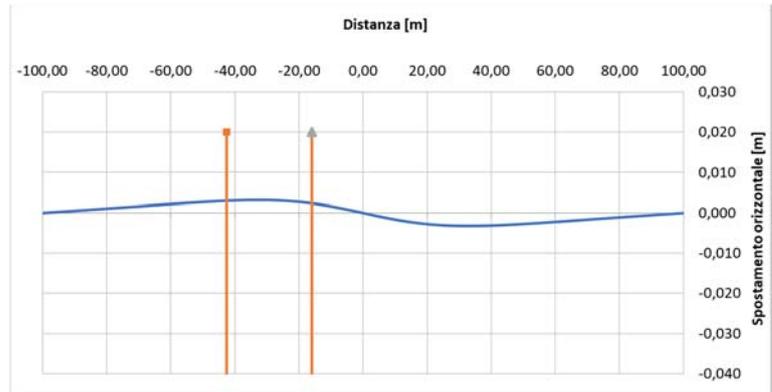


Figura 253 : spostamenti orizzontali in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 3

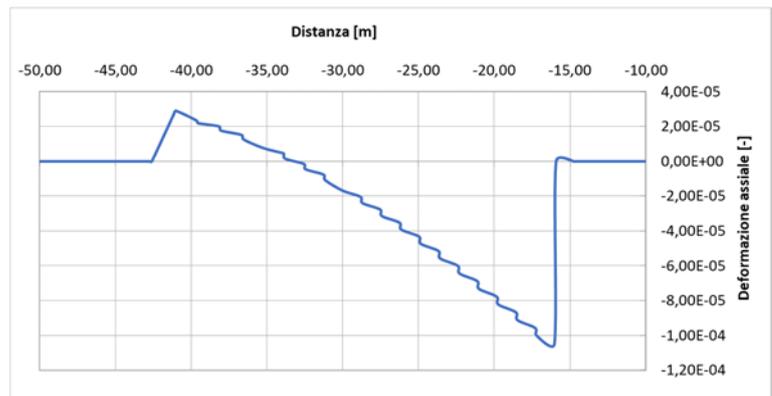


Figura 254 : deformazione assiale in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 3

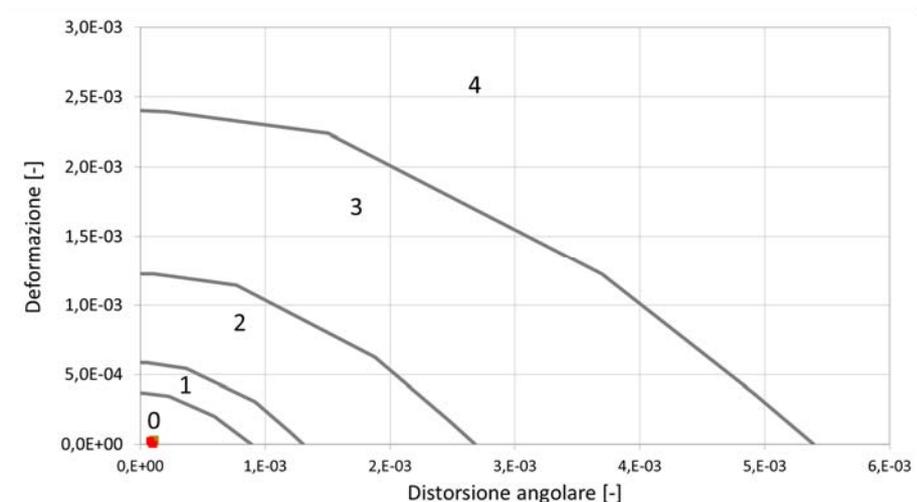


Figura 255 : diagramma di definizione del danno per l'edificio 3 – modello sezione B2* (Boscardin & Cording, 1989)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 285 di 288

9.2.4 Edificio 4 – copertura = 65,2 m rispetto alla quota di progetto

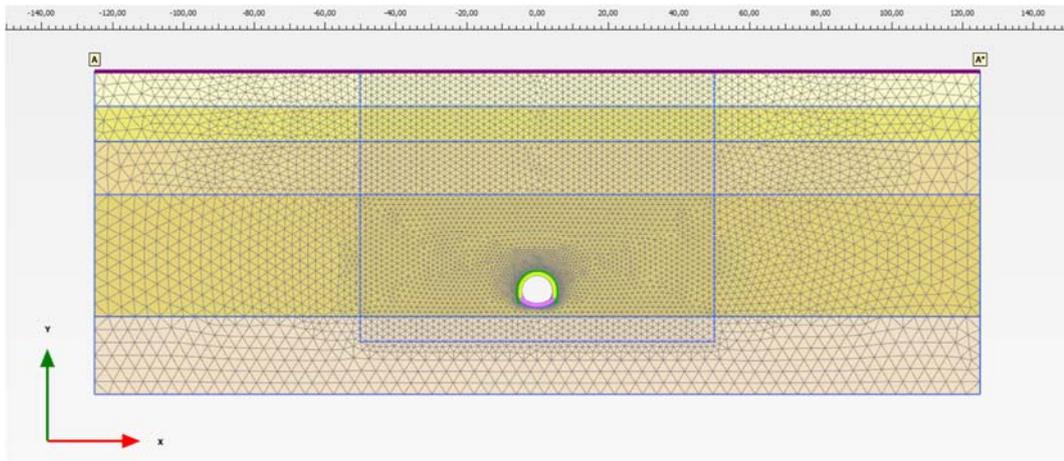


Figura 256 : Modello di calcolo, sezione B2* a ridosso dell'edificio 4 - Geometria mesh

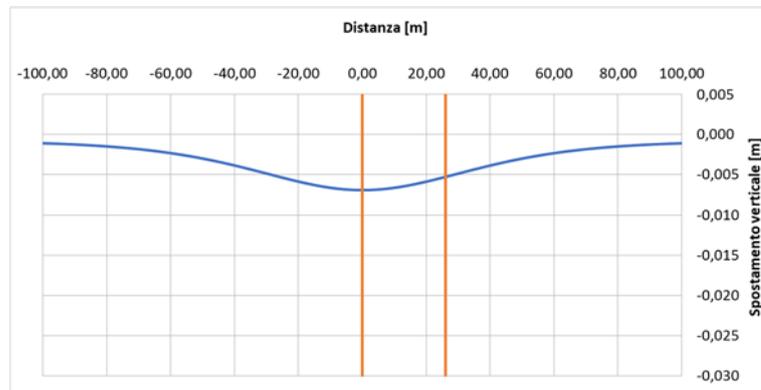


Figura 257 : cedimenti in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 4



Figura 258 : distorsione angolare in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 4

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 286 di 288

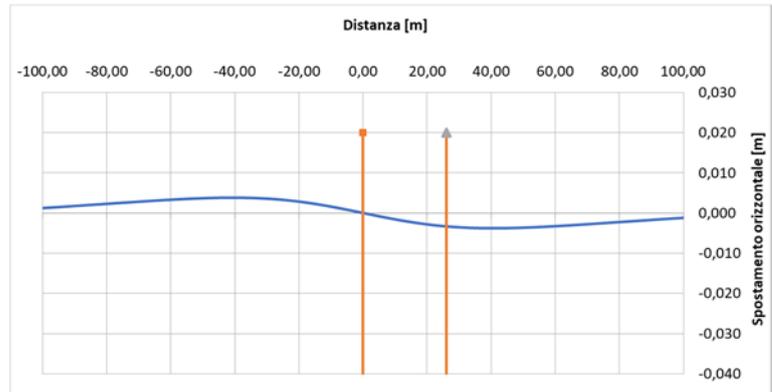


Figura 259 : spostamenti orizzontali in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 4

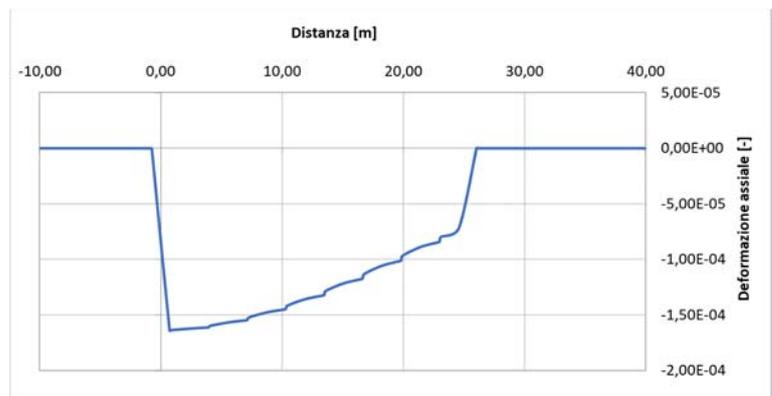


Figura 260 : deformazione assiale in superficie, campo libero – modello sezione B2* / edificio 4

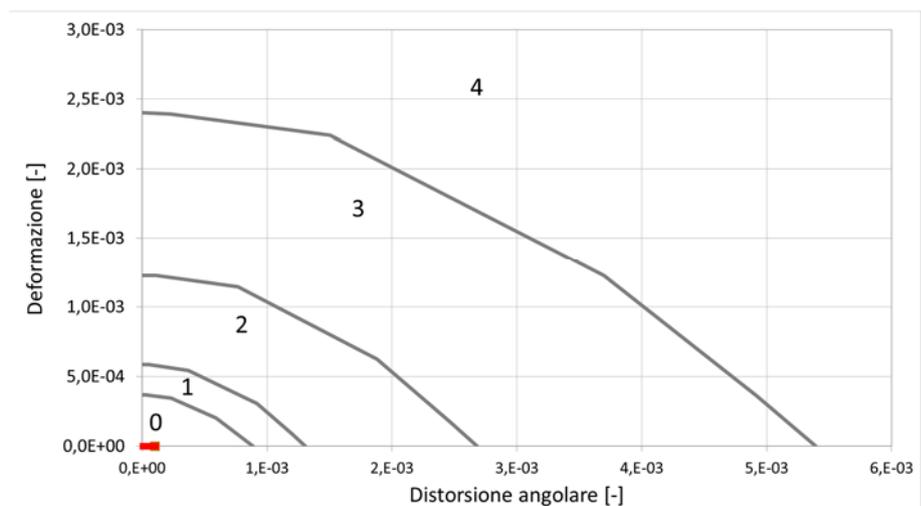


Figura 261 : diagramma di definizione del danno per l'edificio 4 – modello sezione B2* (Boscardin & Cording, 1989)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO GN0200 001	REV. D	FOGLIO 287 di 288

10 CONCLUSIONI

Nel seguente capitolo vengono riportate le conclusioni per quanto concerne la totalità della fase di terapia, condotta mediante analisi analitiche e numeriche e volte alla verifica:

- della stabilità del fronte di scavo a seguito degli interventi di precontenimento;
- dei rivestimenti provvisori, disposti a seguito degli sfondi previsti;
- dei rivestimenti definitivi, ottimizzati al fine di garantire la posa dell'arco rovescio ad una distanza massima di 2 volte il diametro di scavo, anziché a 1,5 (in B2 e B2*) o 1 (in C2 e C2p) volte il diametro di scavo, come previsto dal progetto definitivo.

10.1 STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO

Gli interventi di precontenimento al fronte – ed eventualmente al contorno – previsti, consentono un avanzamento in categoria A – B secondo il metodo l'approccio progettuale ADECO-RS, garantendo una stabilità al fronte perlomeno di breve termine.

10.2 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Per quanto concerne i rivestimenti provvisori, i dimensionamenti presentati in fase di progetto definitivo sono pienamente confermati, in particolare:

- per le sezioni B2, B2* e C2, un rivestimento provvisorio composto da spritz béton di classe C 25/30, spessore 25 cm, con centine di tipo HEB180 (classe acciaio S355) ad interasse = 1 m, in calotta e piedritti. Per la sezione B2*, l'interasse tra le centine pari a 1,2 m è a sua volta verificato;
- per la sezione C2, un rivestimento provvisorio con puntone in arco rovescio composto da spritz béton di classe C 25/30, spessore 25 cm, con centine di tipo HEB180 (classe acciaio S355) ad interasse = 1 m;
- per quanto concerne la sezione del camerone di sosta e manovra invece, si prevede un rivestimento provvisorio con puntone in arco rovescio composto da spritz betòn di classe C 25/30, spessore 35 cm, con centine di tipo HEB300 (classe acciaio S355) ad interasse = 0,8 m.

10.3 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Per quanto concerne i rivestimenti definitivi, nella seguente Tabella 79 sono riepilogati gli spessori verificati per le diverse sezioni tipo.

Tabella 79 : Sintesi delle dimensioni geometriche e delle coperture sopra calotta considerate in fase di terapia

Sezione tipo	Copertura (m)	Spessore calotta (m)	Spessore arco rovescio (m)
B2	35	0,7	0,8
B2	50	0,7	0,8
B2*	178	1,0	1,1
C2	185	0,8	0,9
C2p	180	0,9	1,1
Camerone di sosta e manovra	168,5	1,5	1,6

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>GN0200 001</td> <td>D</td> <td>288 di 288</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	288 di 288
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	GN0200 001	D	288 di 288													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo uscita di emergenza																		

10.4 ANALISI DELLE SUBSIDENZE

Il calcolo degli effetti indotti dallo scavo sugli edifici situati in prossimità della galleria permettono di concludere che per tutti gli edifici è attesa una categoria di danno pari a 0 (secondo l'approccio di Boscardin e Cording), e, conseguentemente, ogni effetto indotto sulla struttura dallo scavo della galleria d'accesso/uscita può essere trascurato.