

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
 CAMERONE SMONTAGGIO TBM
 GENERALE
 Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 02/02/2023	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	RH	GN0230	001	D	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	R.Rege	08/02/2022	A. Lucia	08/02/2022	M. Tanzini	08/02/2022	Ing. Andrea Polli 02/02/2023
B	C.08.01 a valle del contraddittorio	E. Molina	22/07/2022	A. Lucia	22/07/2022	M.Tanzini	22/07/2022	
C	Istruttoria ITF	E. Molina	10/11/2022	A.Lucia	12/11/2022	M.Tanzini	15/11/2022	
D	C.08.04 a valle del contraddittorio	E. Molina/A. Kayed	02/02/2023	M. Trezzi	03/02/2023	M.Tanzini	06/02/2023	

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 3 di 106

7.5.4	VALUTAZIONE DEI TASSI DI RILASCIO AD ALTE COPERTURE PER VIA NUMERICA.....	78
7.5.5	ANALISI N. 1 SEZIONE CAMERONE – (PK. 1+506.693) – COPERTURA = 110 M.....	79
7.5.6	ANALISI N. 2 SEZIONE BY-PASS– (PK. 1+506.693) –COPERTURA = 110 M	93

8	CONCLUSIONI	106
8.1	STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO.....	106
8.2	RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	106
8.3	RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	106

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 4 di 106

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riguarda le verifiche strutturali e geotecniche relative al camerone di uscita TBM, facente parte della galleria finestra F1, e del relativo by-pass di collegamento fra la finestra F1 e le gallerie di linea (asse by-pass p.k.1+506.693) 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.

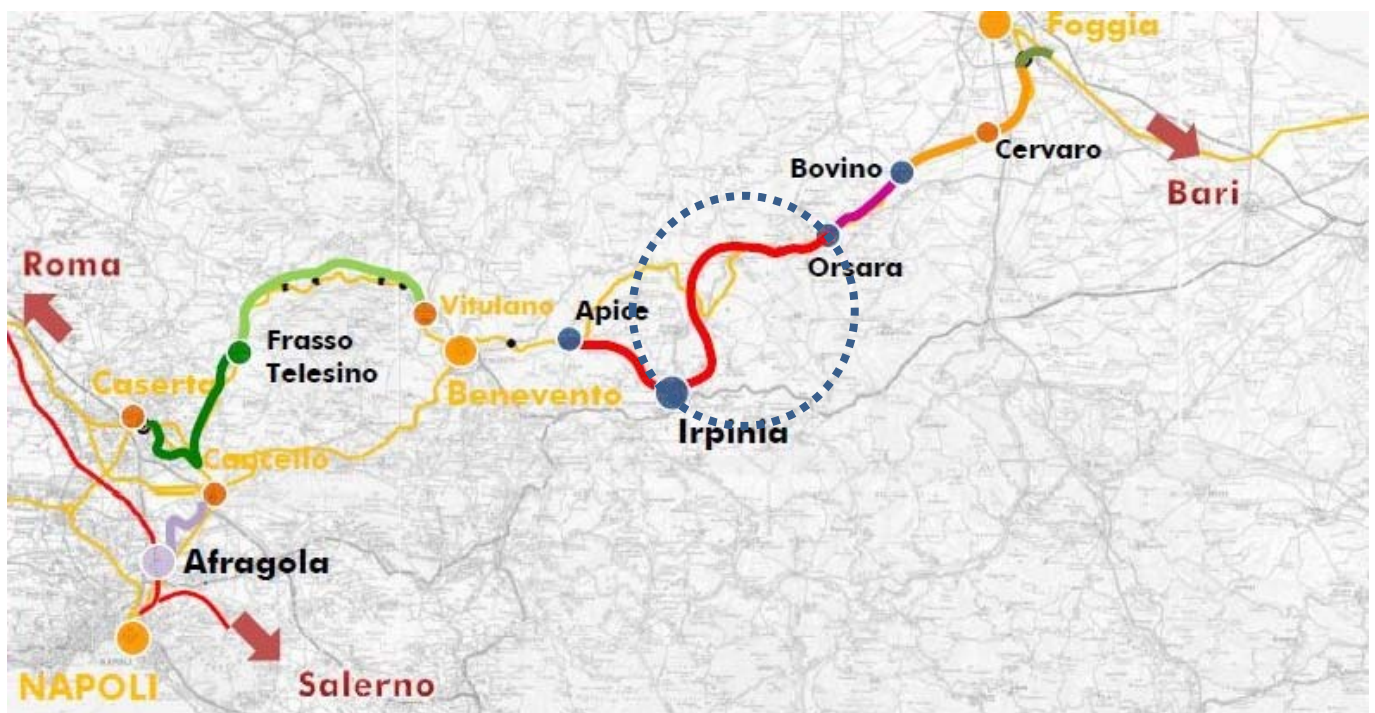


Figura 1 : Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

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					
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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 5 di 106

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 imbecca 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.

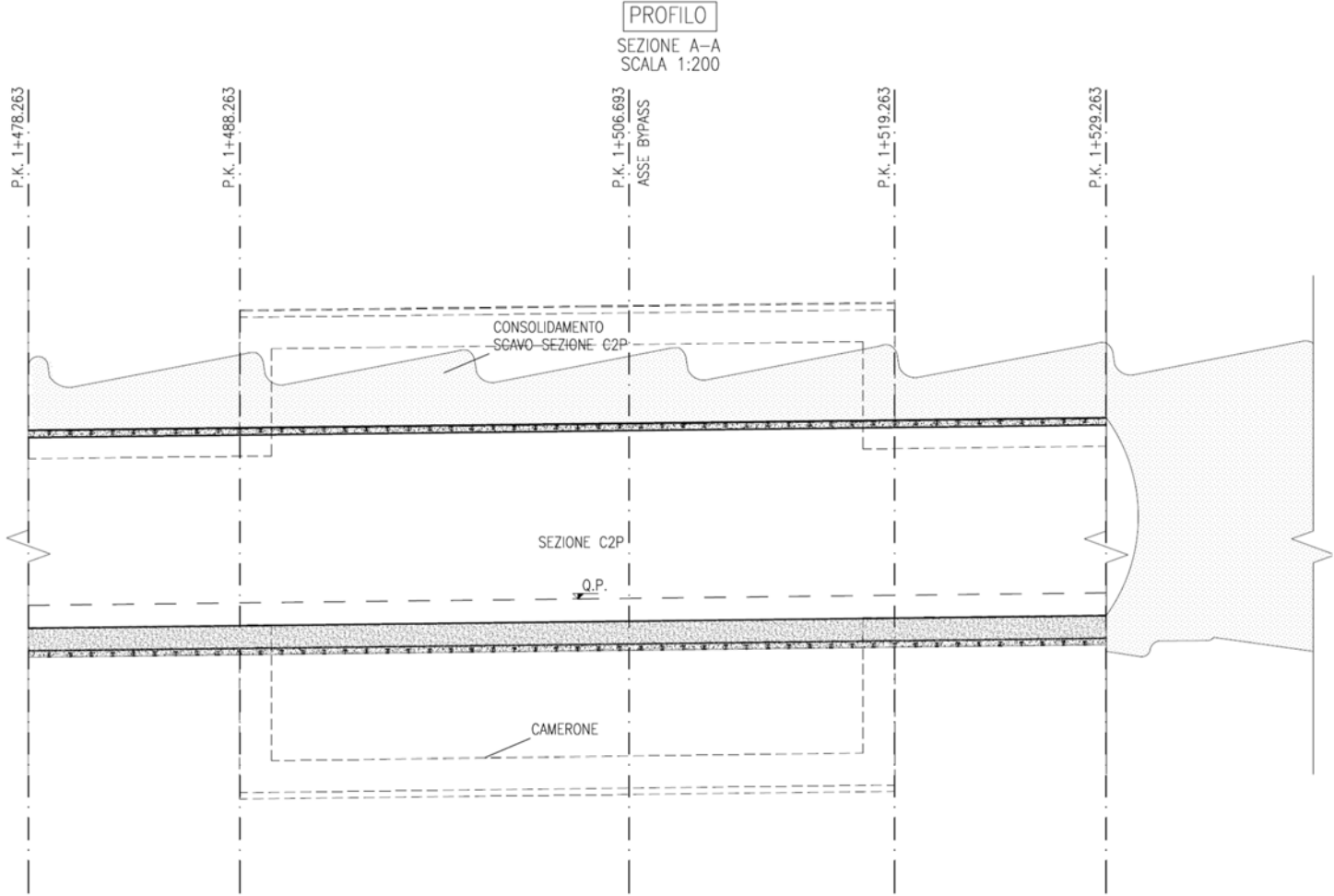
Uscito dalla galleria il tracciato termina alla pk 68+974 (BP), coincidente con la pk 0+700 della tratta Apice – Hirpinia, in prossimità dei tronchini per l'attestamento dei treni da e per Napoli previsti nella stazione di Hirpinia di 1^a fase.

1.2 FASI ESECUTIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL CAMERONE DI SMONTAGGIO DELLE TBM

Nelle seguenti Figure, riprese dagli elaborati grafici, sono riepilogate le 8 principali fasi esecutive adottate per la realizzazione del camerone per lo smontaggio delle TBM e per il by-pass situato alla progressiva 1+506.693.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 6 di 106

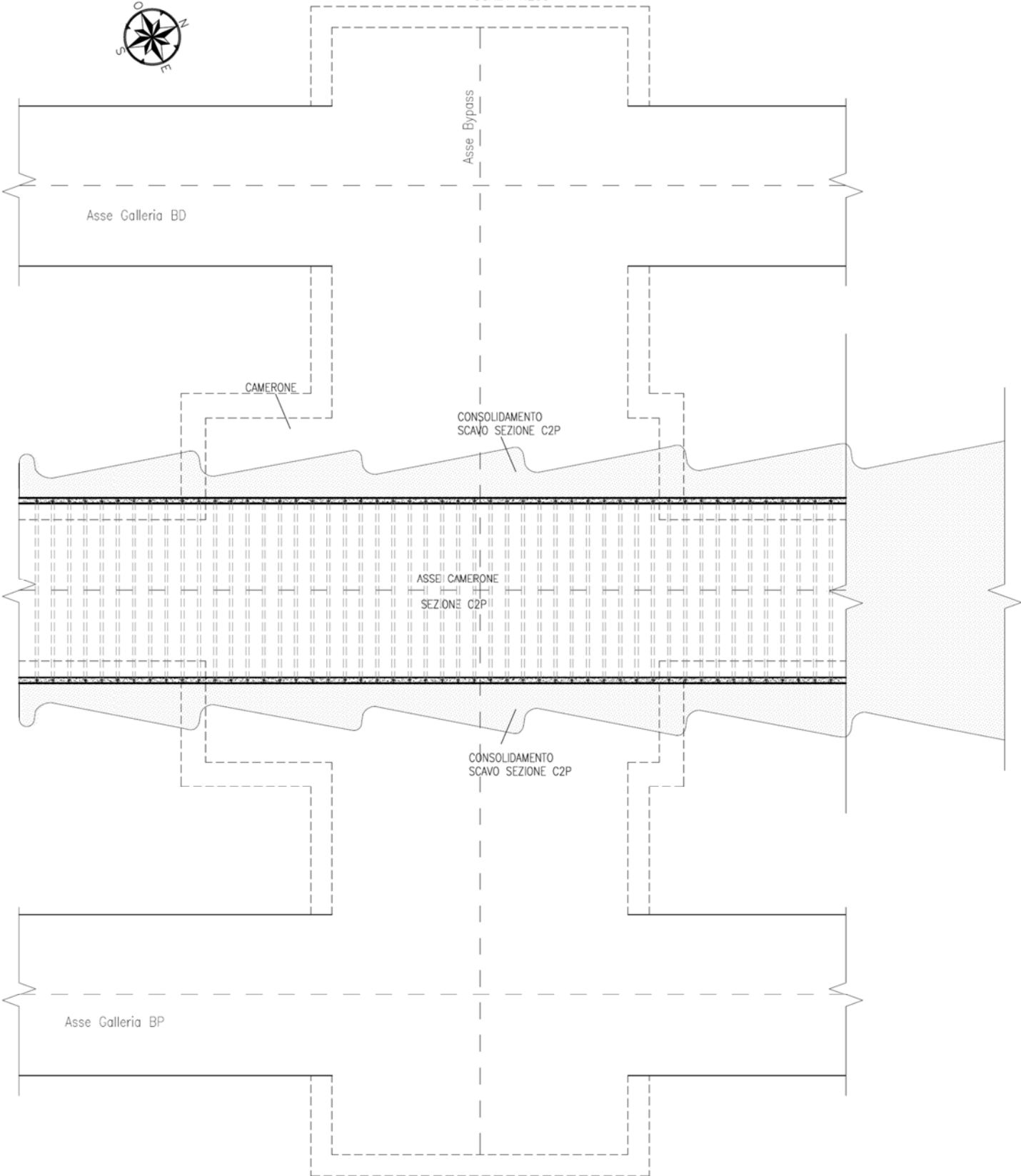
REALIZZAZIONE DELLO SCAVO NELLA TRATTA DEL FUTURO CAMERONE CON GLI INTERVENTI PREVISTI PER LA SEZIONE TIPO C2P APPLICATA PER LO SCAVO DELLA GALLERIA FINESTRA (ESCLUSO IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO).



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	

ITINERARIO NAPOLI – BARI				
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D
			FOGLIO 7 di 106	

PLANIMETRIA
 SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 8 di 106

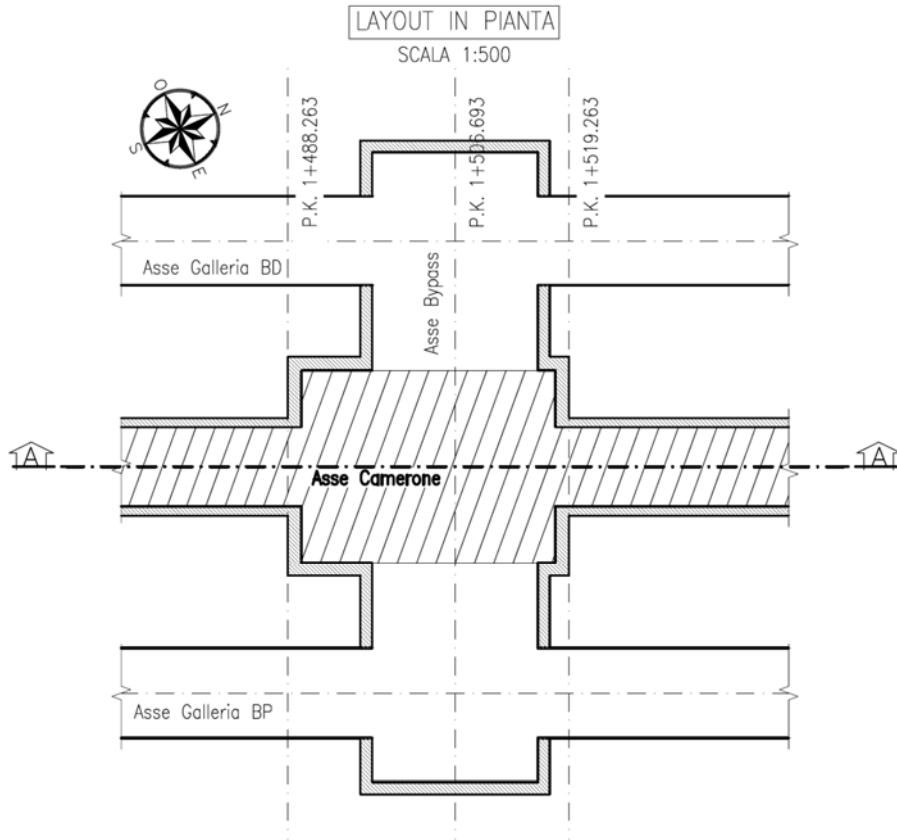


Figura 2 : Camerone smontaggio TBM, fase 0, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

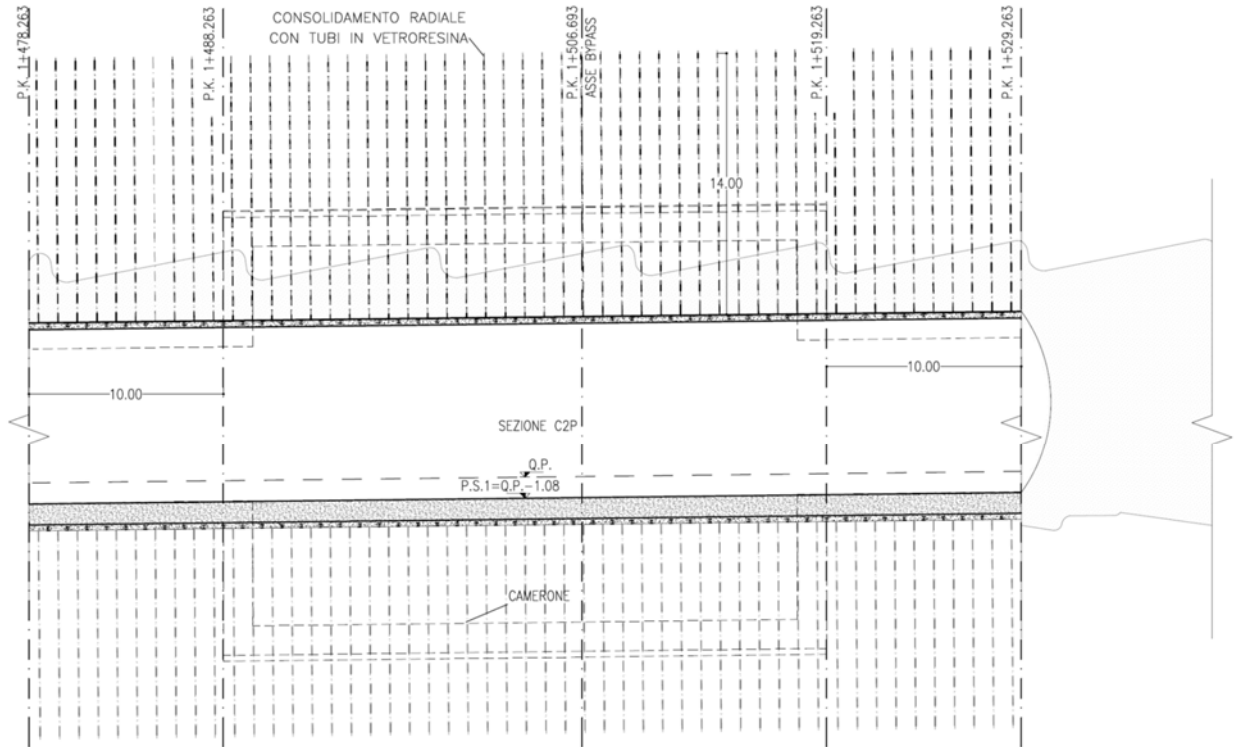
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 9 di 106

FASE 1

REALIZZAZIONE DI UN CONSOLIDAMENTO RADIALE NELLA TRATTA COMPRESA TRA ±10m DALLA POSIZIONE DEL FUTURO CAMERONE REALIZZATO CON TUBI IN VETRORESINA CEMENTATI CON MISCELE ESPANSIVE A FORMARE UNA FASCIA CONSOLIDATA AL CONTOURNO DI SPESSORE PARI A 8m MISURATA DAL PROFILO DI SCAVO DEL CAMERONE.

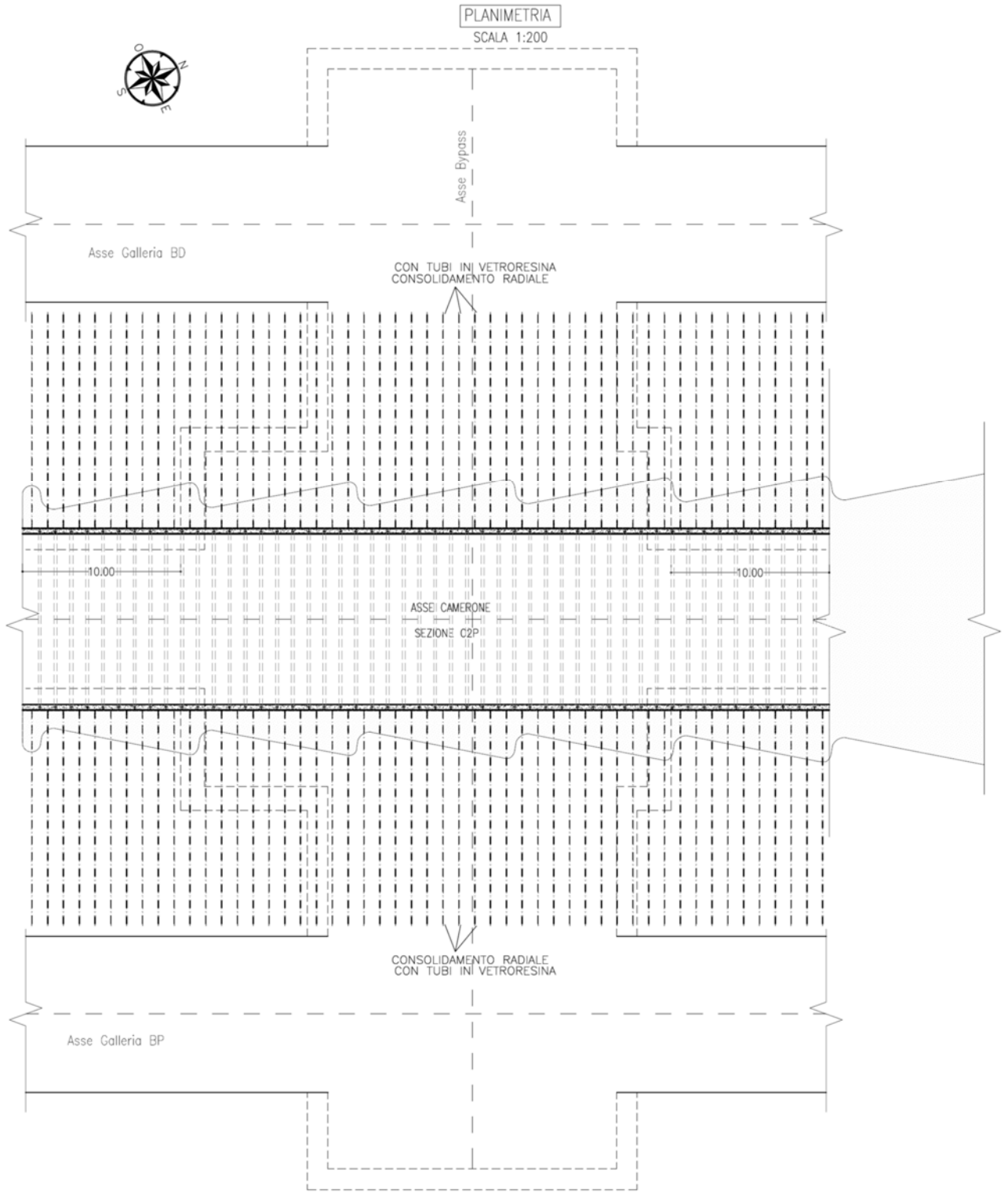
PROFILO

SEZIONE A-A
 SCALA 1:200



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	

ITINERARIO NAPOLI – BARI				
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA				
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D
			FOGLIO 10 di 106	



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 11 di 106

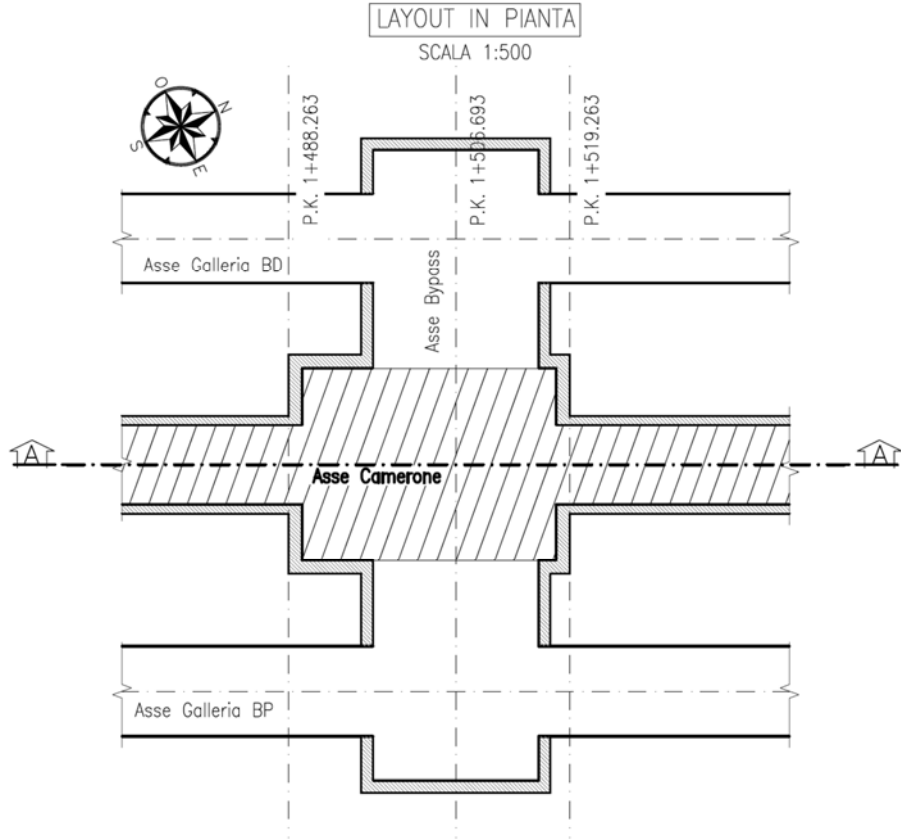


Figura 3 : Camerone smontaggio TBM, fase 1, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

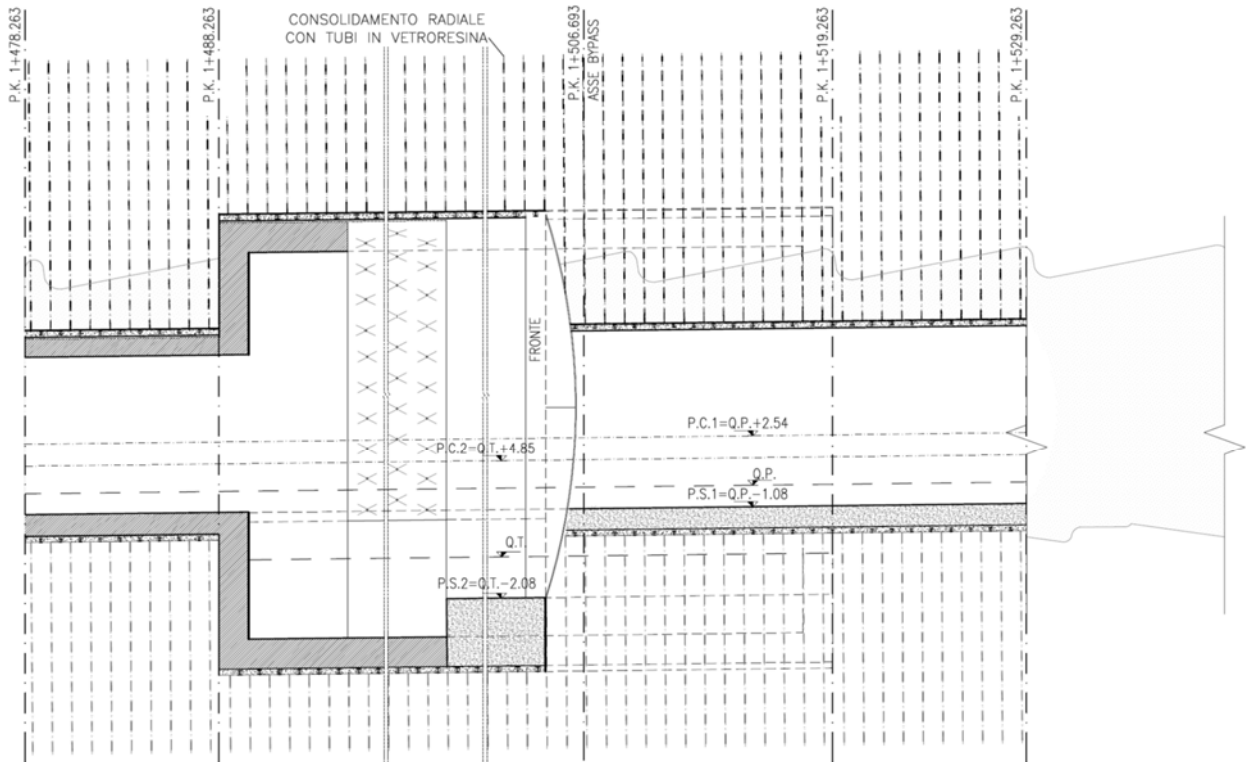
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 12 di 106

FASE 2

SCAVO DI ALLARGO (PASSAGGIO DALLA SAGOMA DELLA SEZIONE TIPO C2P A QUELLA DEL FUTURO CAMERONE) E
 CONTESTUALE POSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE.

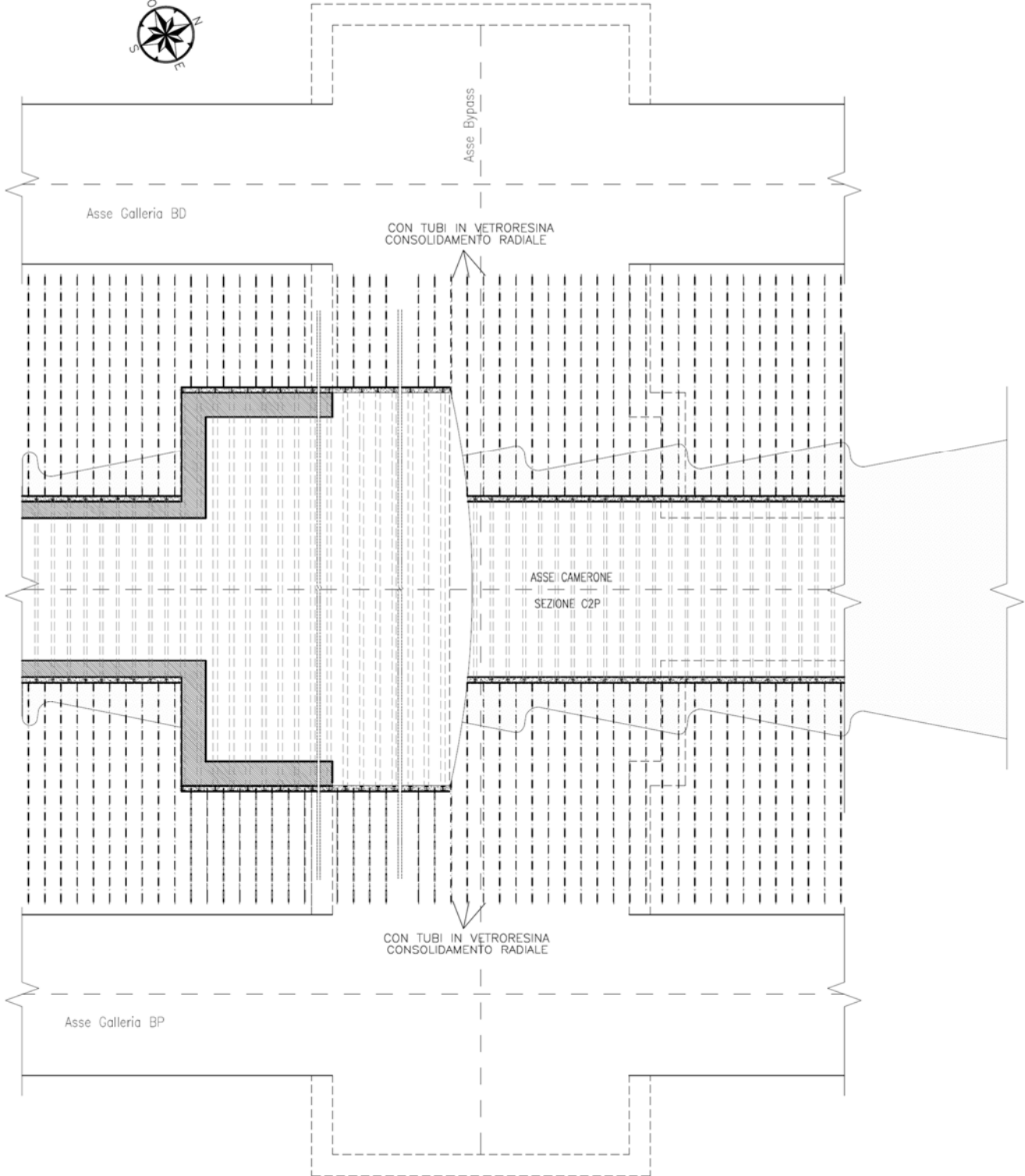
PROFILO

SEZIONE A-A
 SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 13 di 106

PLANIMETRIA
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 14 di 106

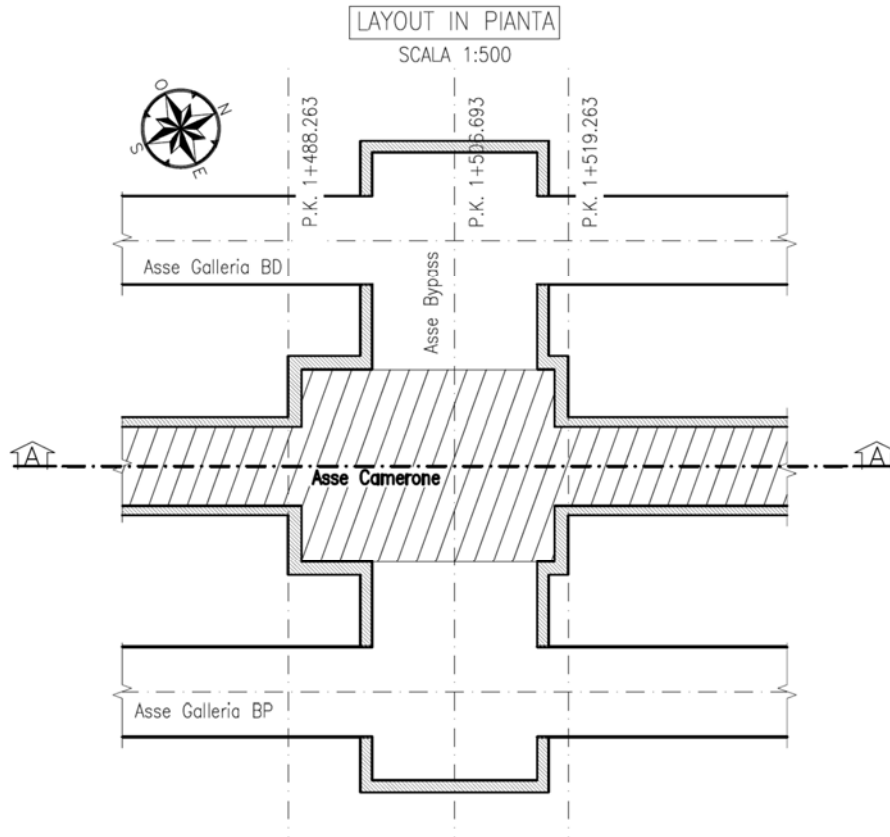


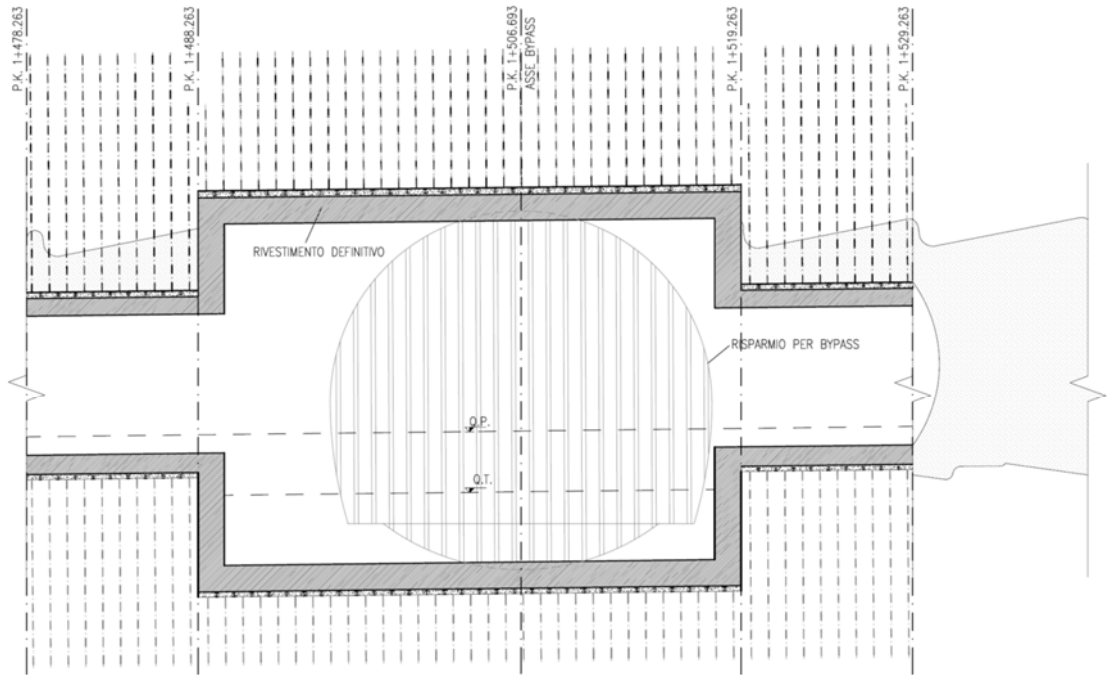
Figura 4 : Camerone smontaggio TBM, fase 2, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D FOGLIO 15 di 106

FASE 3

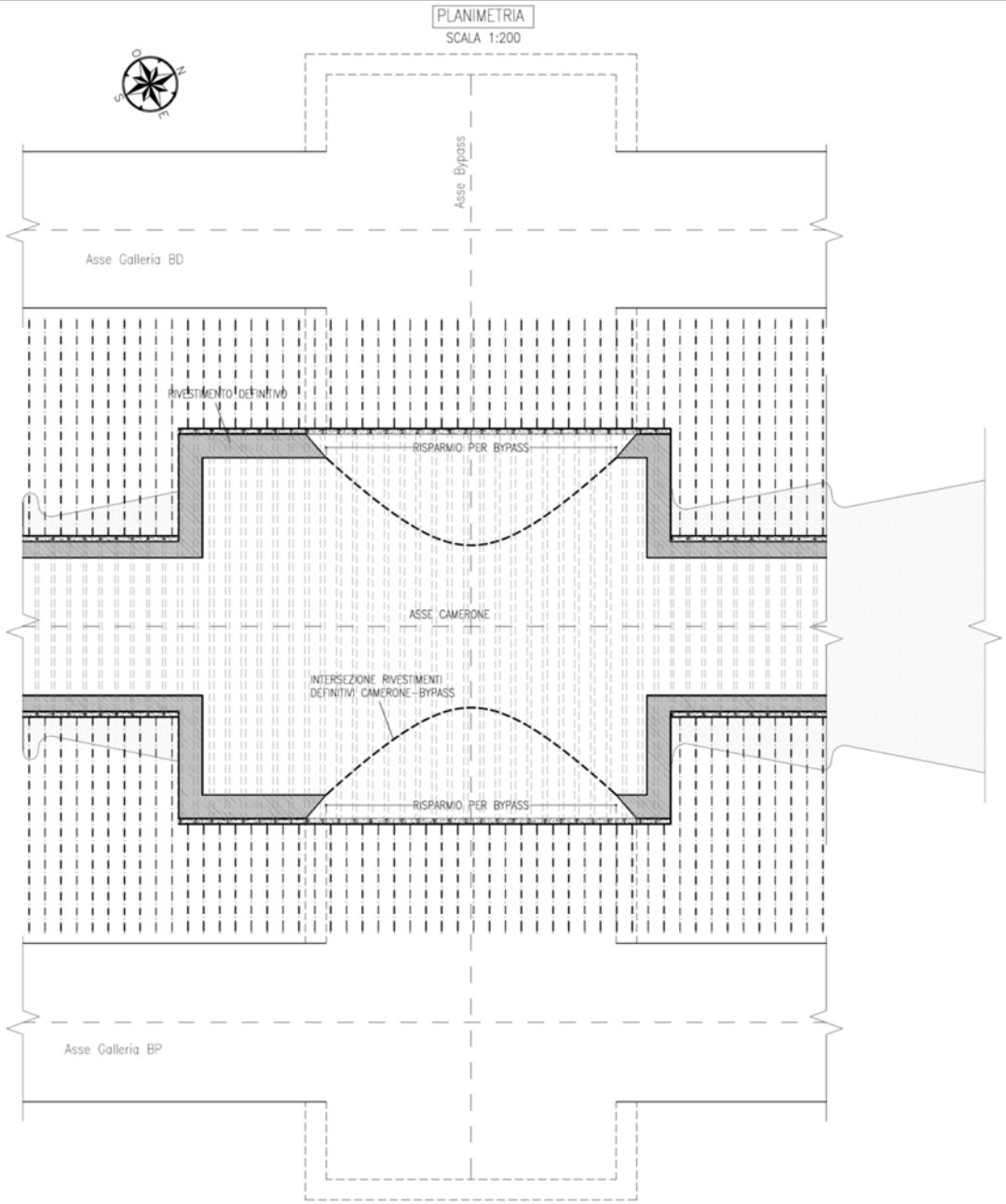
GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO DEL CAMERONE LASCIANDO UN RISPARMIO NEL GETTO IN CORRISPONDENZA DELLA POSIZIONE DELLA GALLERIA DI BY-PASS.

PROFILO
 SEZIONE A-A
 SCALA 1:200



APPALTATORE:			
Conorzio	Soci		
HIRPINIA - ORSARA AV	WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI	
PROGETTAZIONE:			
Mandataria	Mandanti		
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING	PINI	GCF
	ELETTRI-FER	M-INGEGNERIA	
PROGETTO ESECUTIVO			
Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM			

ITINERARIO NAPOLI – BARI				
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D
				FOGLIO
				16 di 106



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	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 17 di 106
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM					

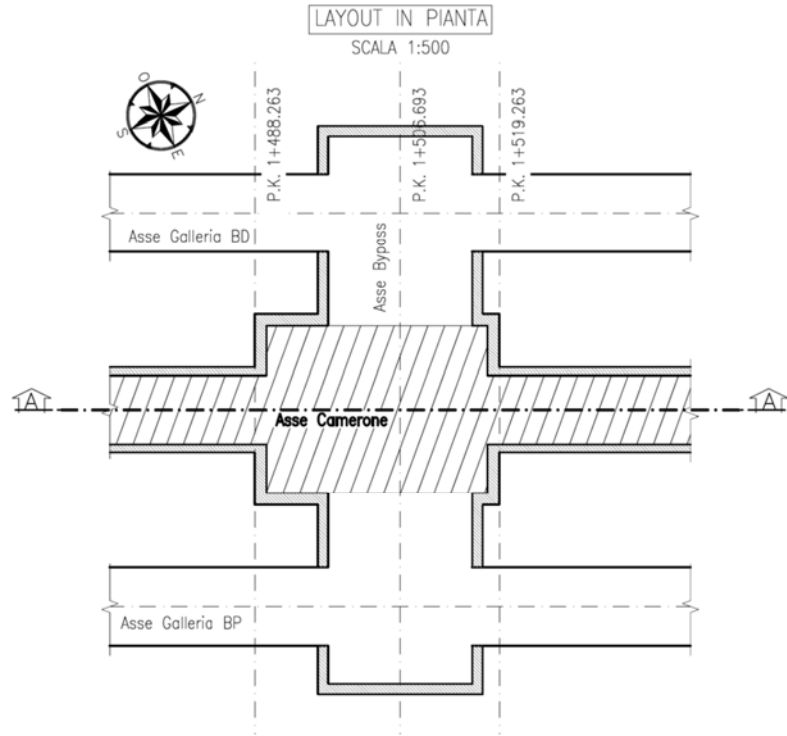


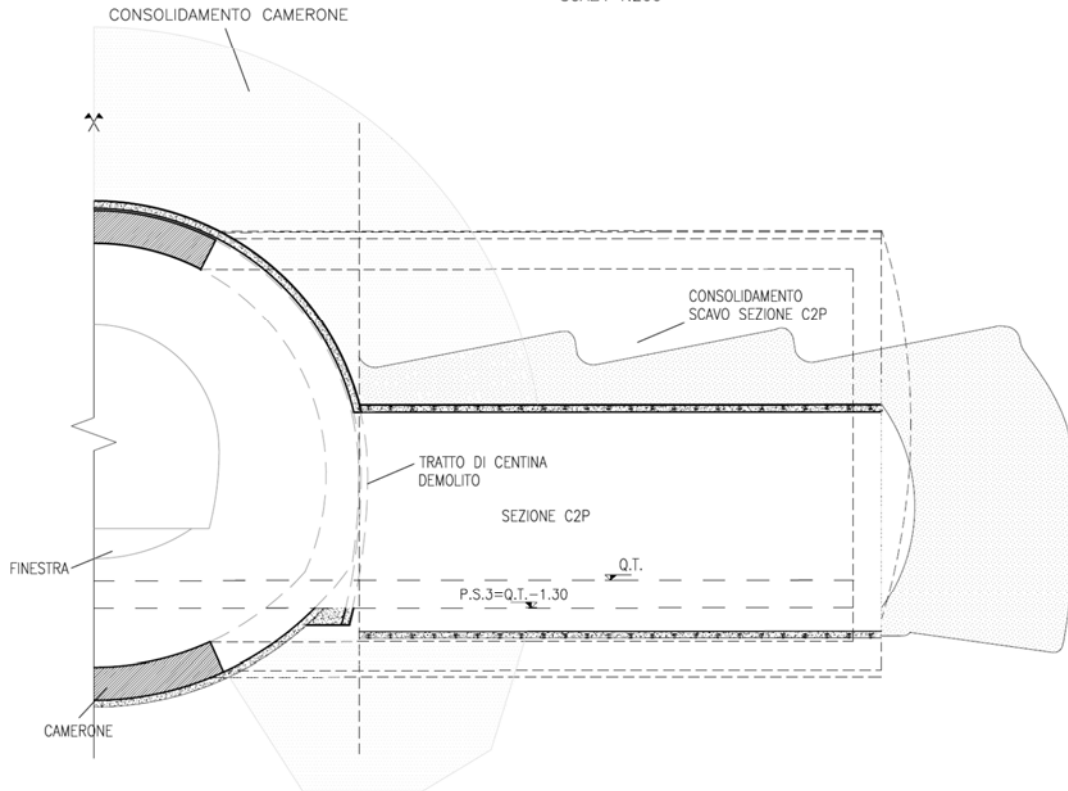
Figura 5 : Camerone smontaggio TBM, fase 3, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 18 di 106

FASE 4

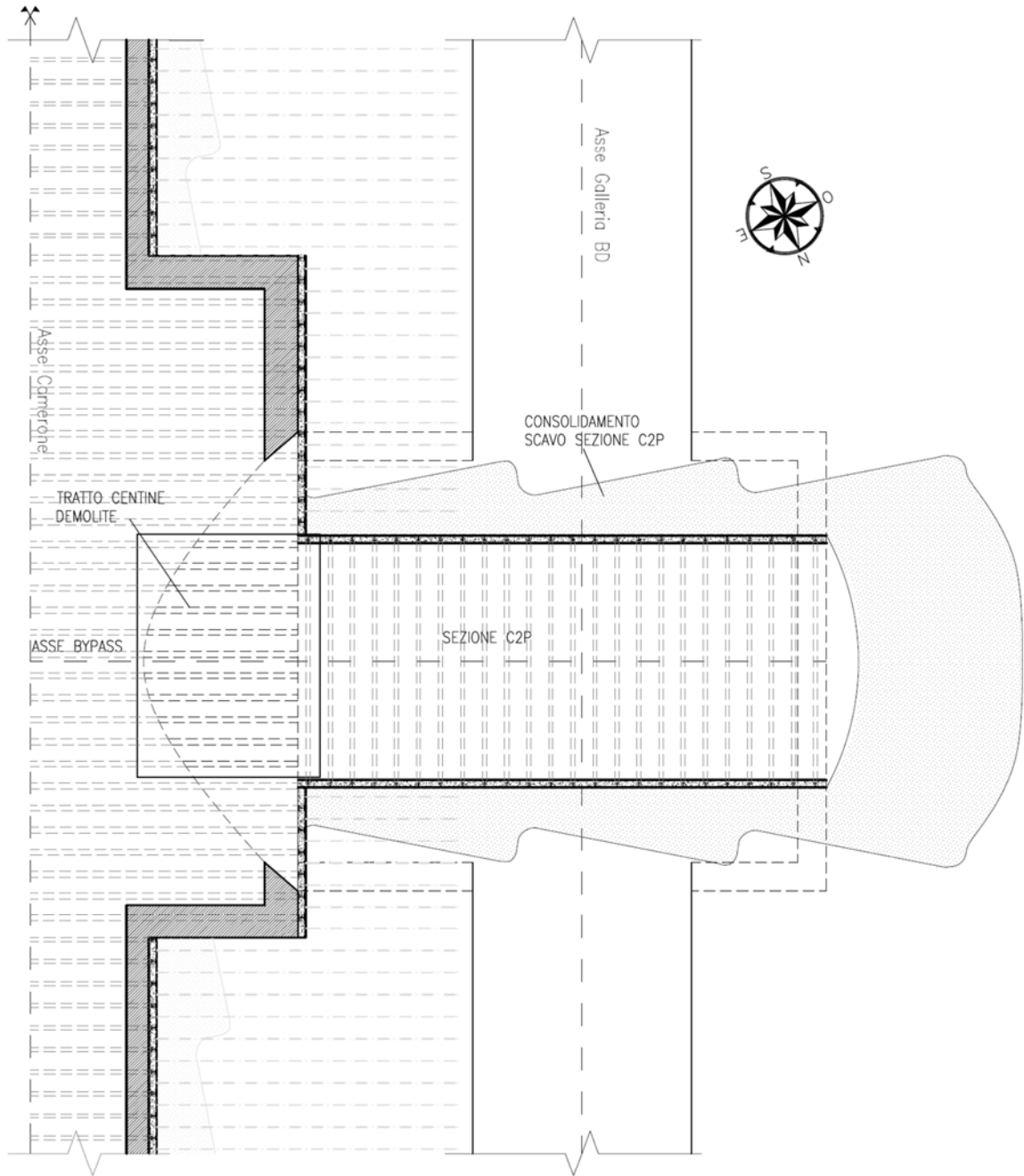
DEMOLIZIONE PARZIALE DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE DEL CAMERONE E AVANZAMENTO IN DIREZIONE DEL FUTURO BY-PASS CON GLI INTERVENTI PREVISTI PER LA SEZIONE TIPO C2P (ESCLUSO IL RIVESTIMENTO DEFINITIVO) FINO ALLA PROGRESSIVA DI FINE BY-PASS.

PROFILO

 SEZIONE B-B
 SCALA 1:200


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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 19 di 106

PLANIMETRIA
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 20 di 106

LAYOUT IN PIANTA

SCALA 1:500

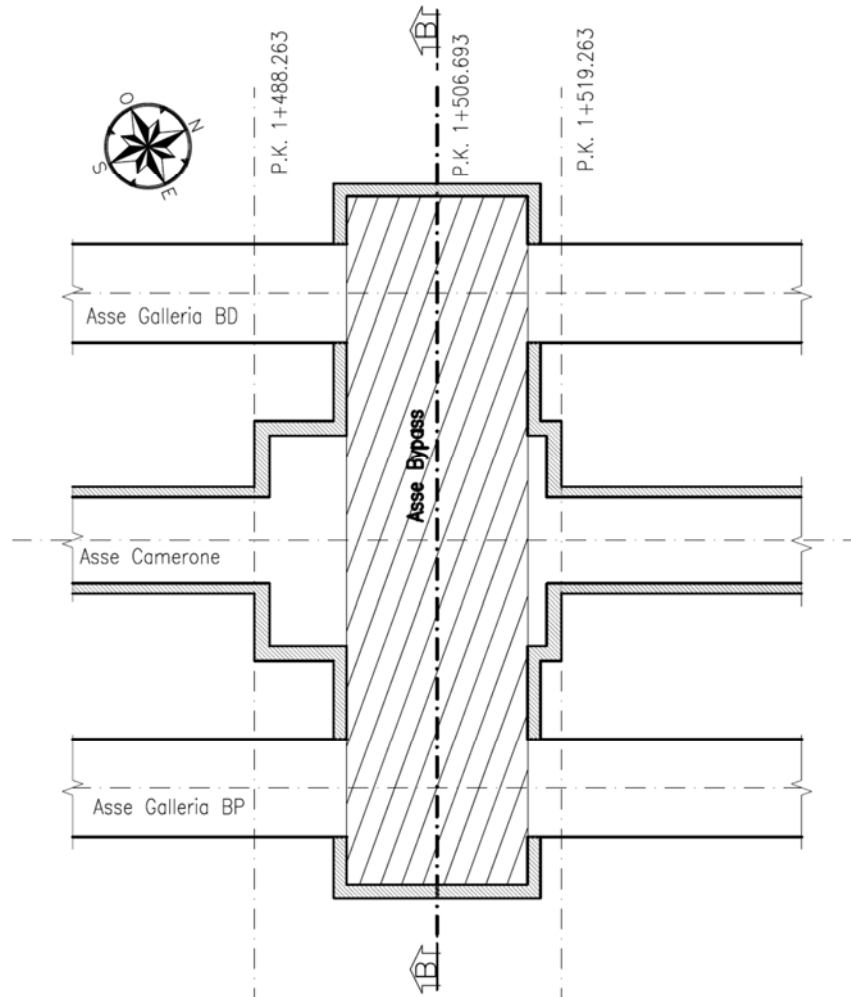
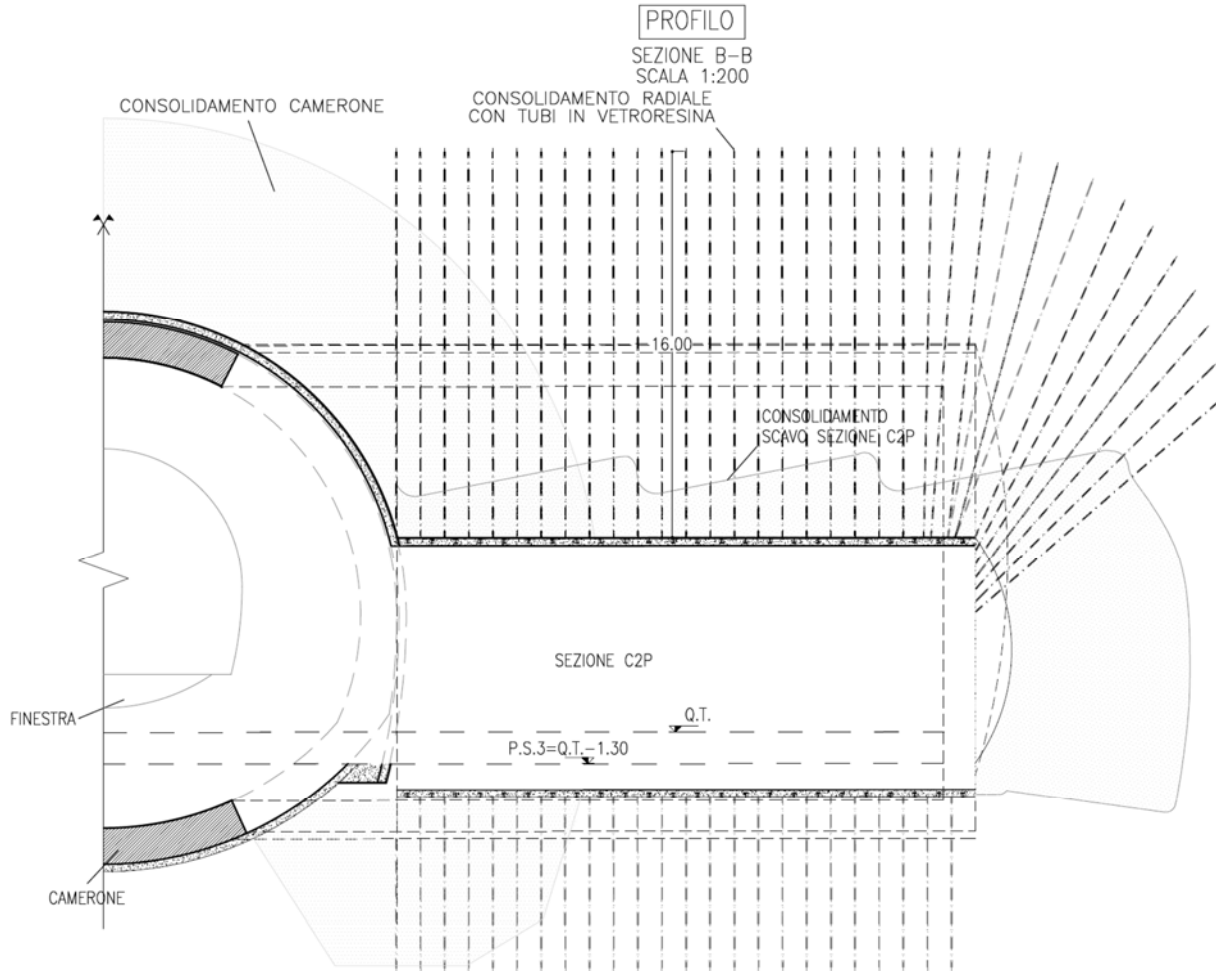


Figura 6 : Camerone smontaggio TBM, fase 4, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 21 di 106

FASE 5

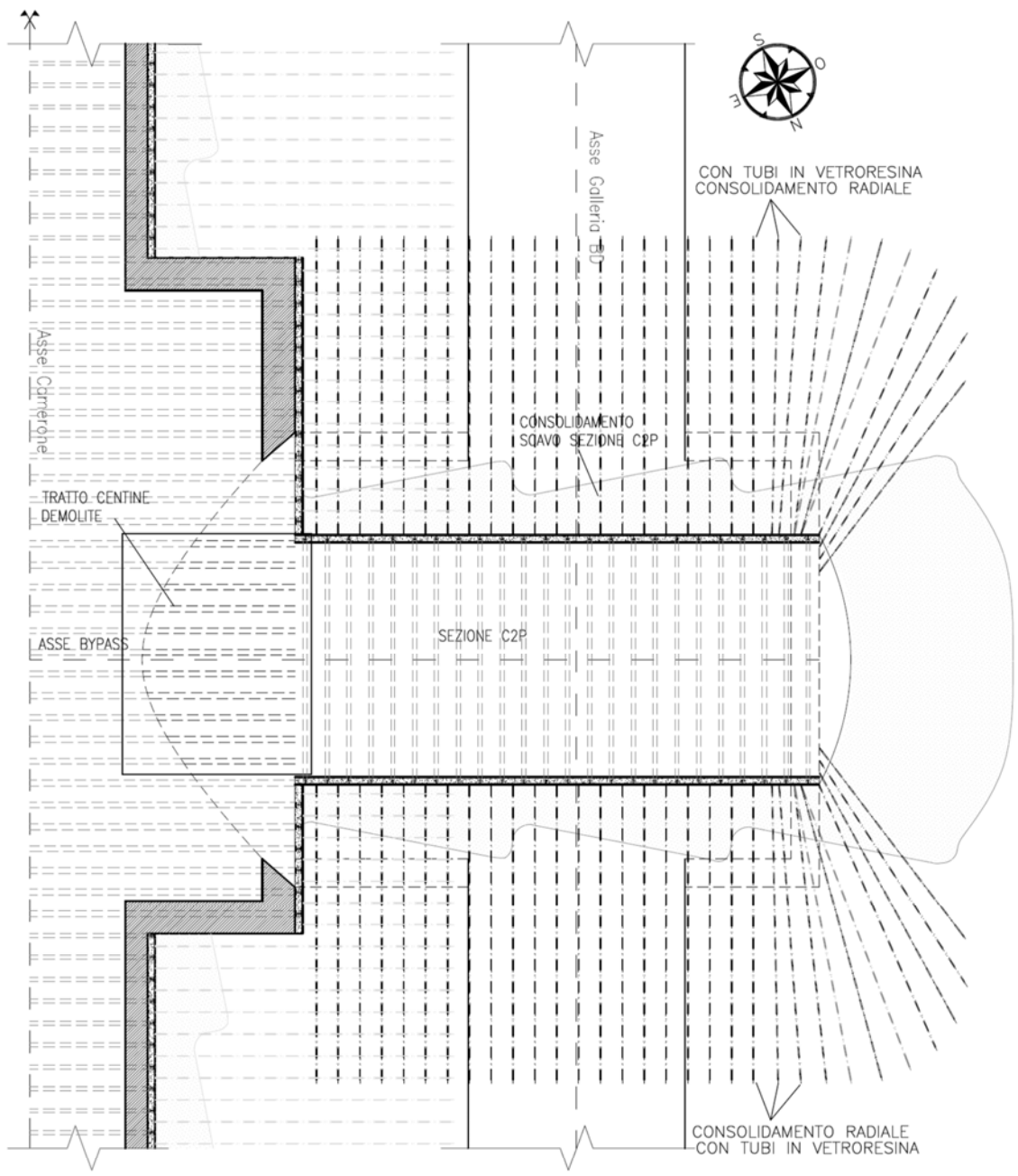
REALIZZAZIONE DI UN CONSOLIDAMENTO RADIALE NELLA TRATTA REALIZZATO CON TUBI IN VETRORESINA CEMENTATI CON MISCELE ESPANSIVE A FORMARE UNA FASCIA CONSOLIDATA AL CONTOURNO DI SPESSORE PARI A 8m MISURATA DAL PROFILO DI SCAVO DEL BY-PASS.



APPALTATORE:	
Consortio	Soci
HIRPINIA - ORSARA AV	WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI
PROGETTAZIONE:	
Mandatario	Mandanti
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA
PROGETTO ESECUTIVO	
Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	

ITINERARIO NAPOLI – BARI				
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D
				FOGLIO 22 di 106

PLANIMETRIA
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 23 di 106

LAYOUT IN PIANTA
 SCALA 1:500

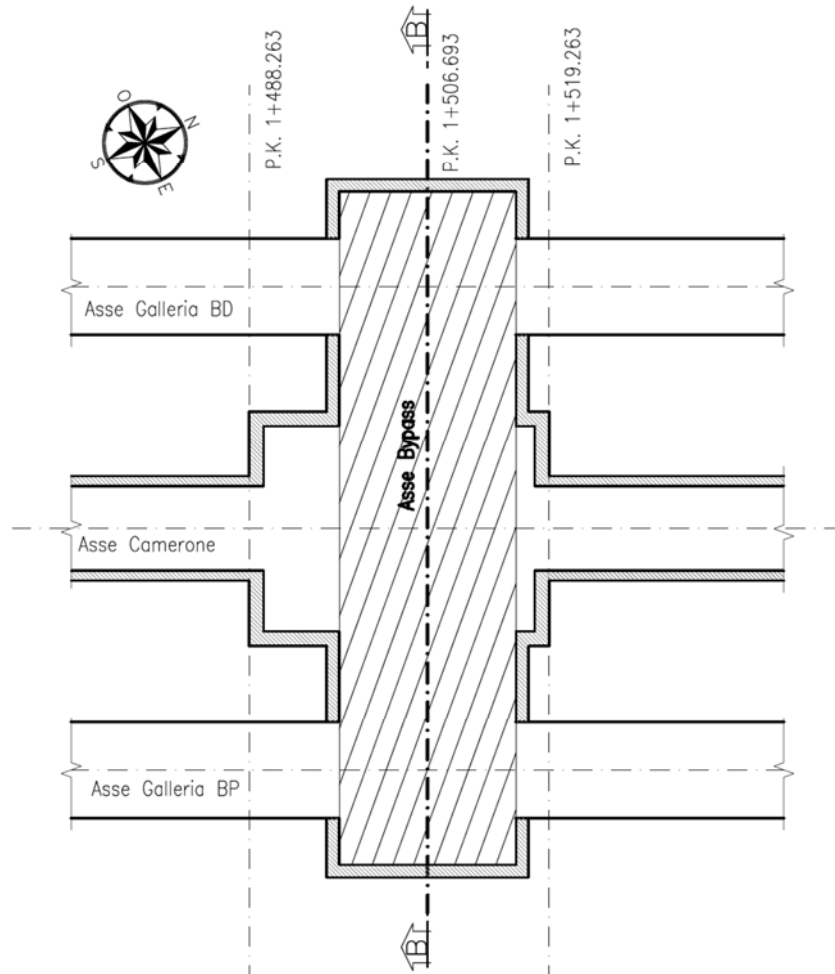
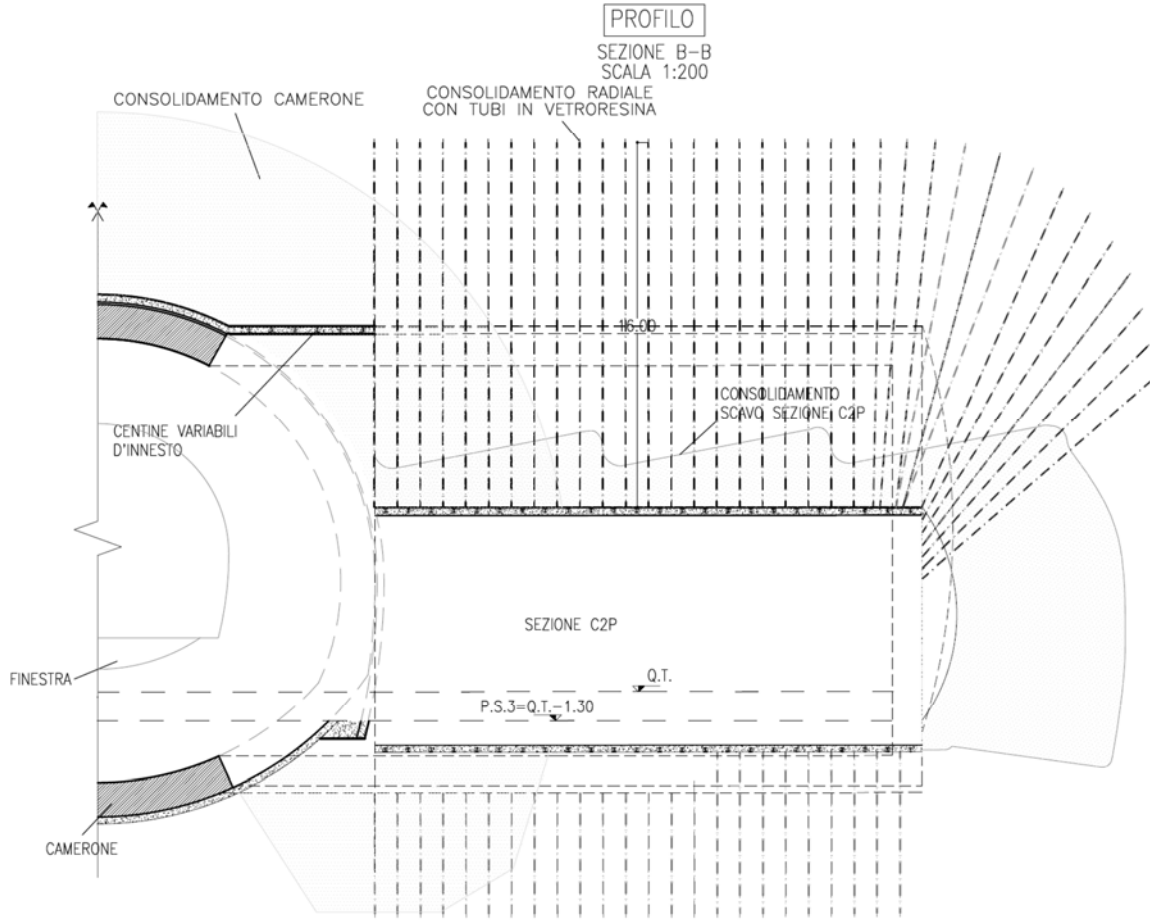


Figura 7 : Camerone smontaggio TBM, fase 5, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 24 di 106

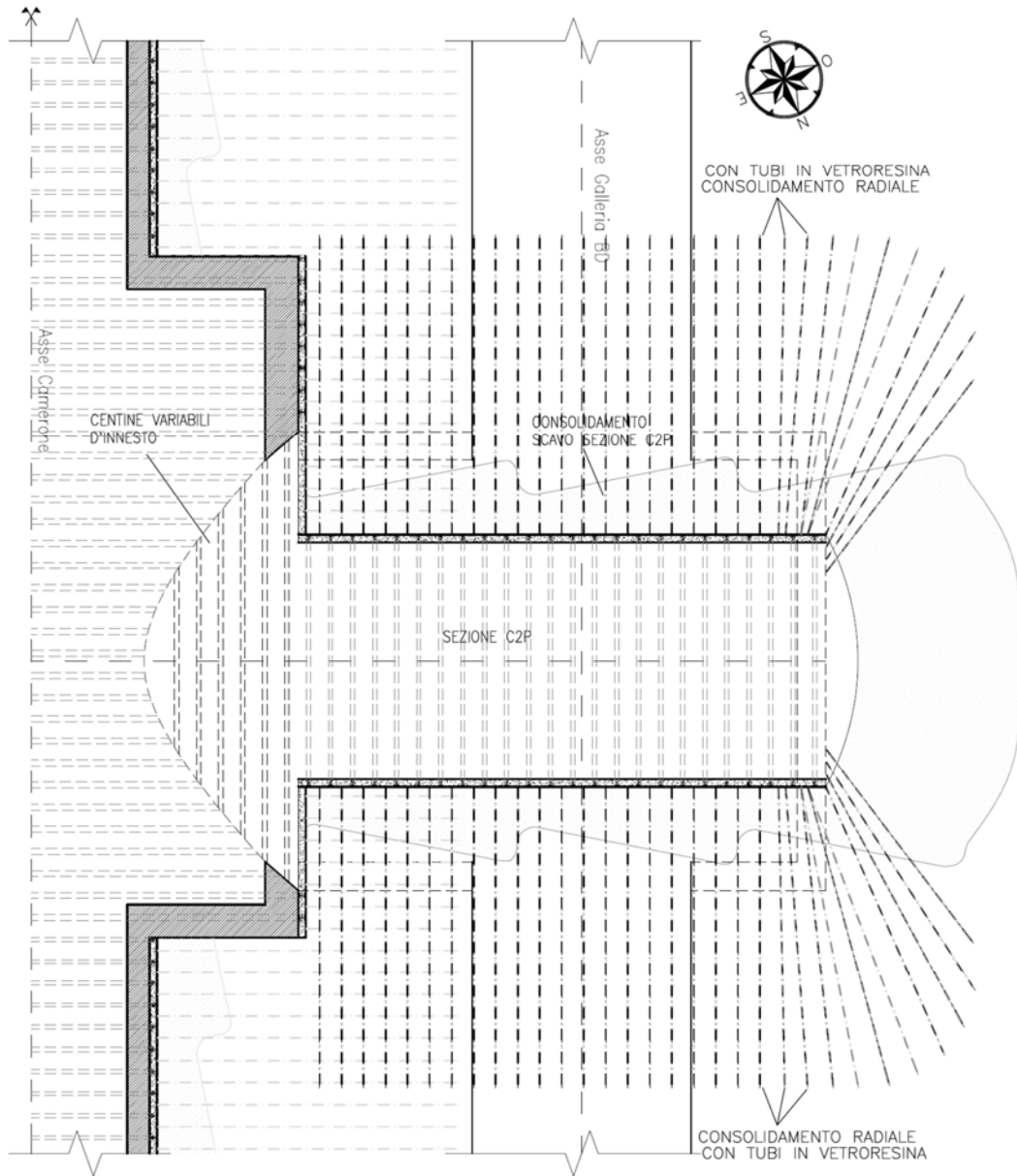
FASE 6

DEMOLIZIONE PARZIALE DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE DEL CAMERONE. SCAVO DELLA PORZIONE D'INNESTO E INSTALLAZIONE DI CENTINE A LUNGHEZZA VARIABILE NELLA ZONA D'INNESTO



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 25 di 106

PLANIMETRIA
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 26 di 106

LAYOUT IN PIANTA
 SCALA 1:500

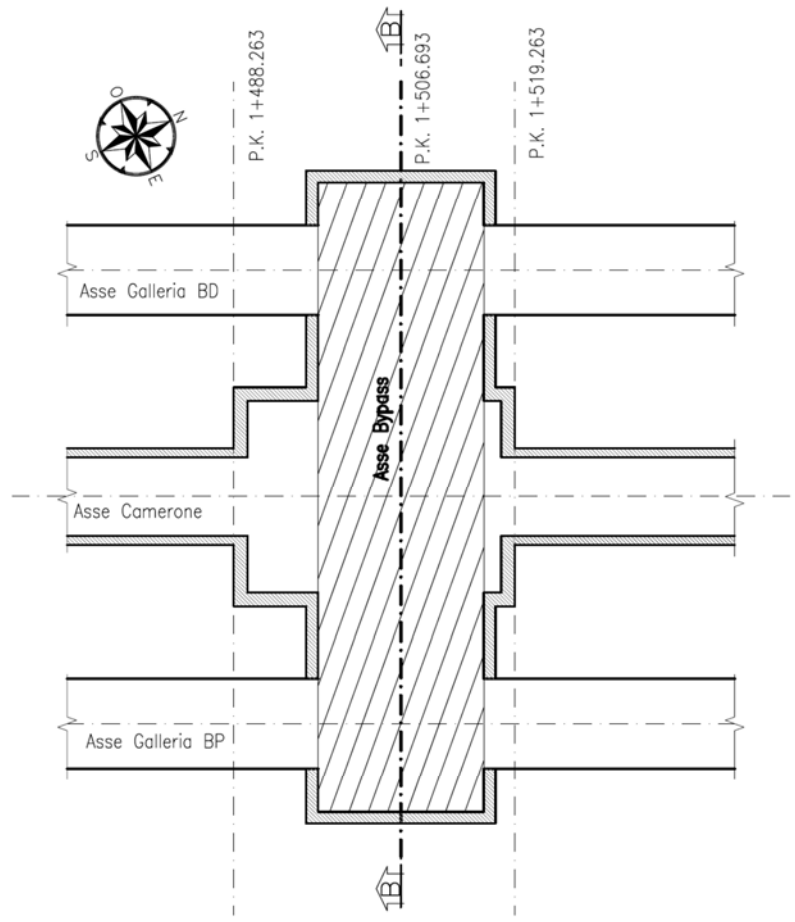


Figura 8 : Camerone smontaggio TBM, fase 6, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

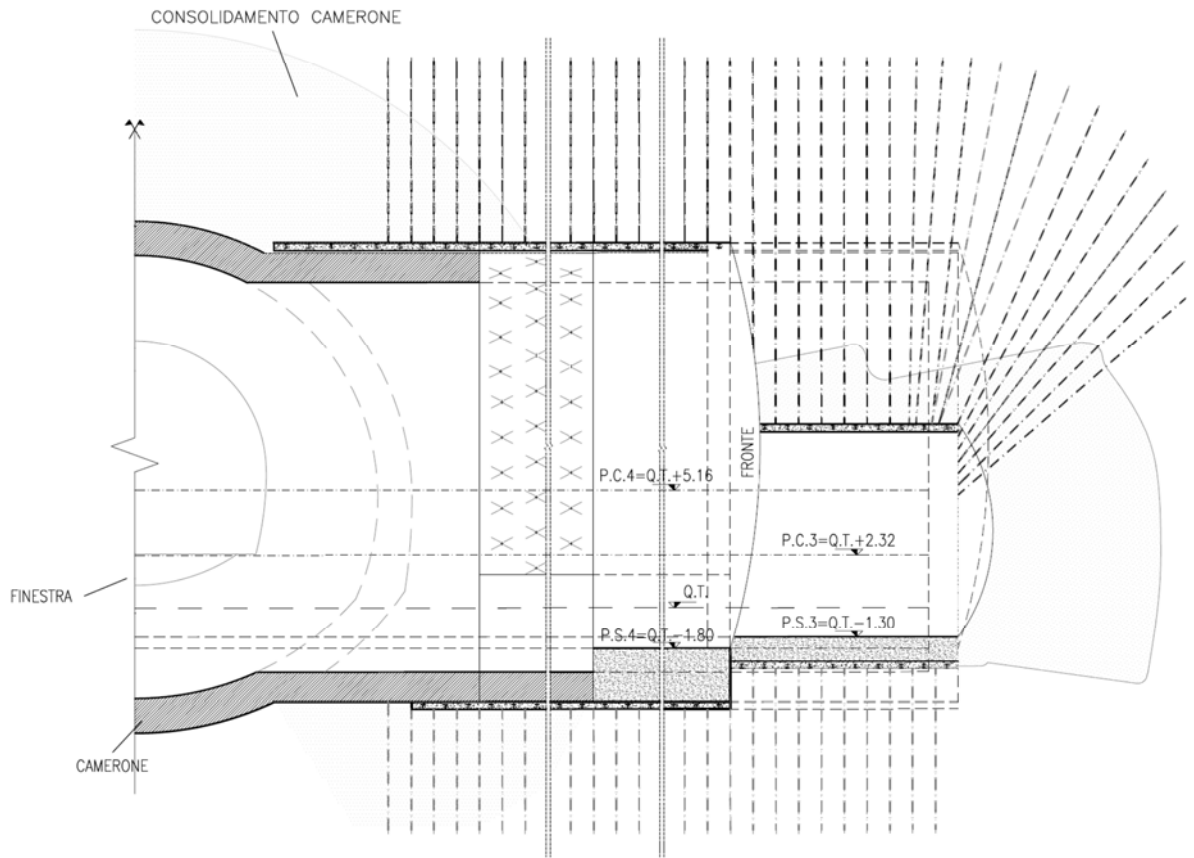
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 27 di 106

FASE 7

SCAVO DI ALLARGO (PASSAGGIO DALLA SAGOMA DELLA SEZIONE TIPO C2P A QUELLA DEL FUTURO BY-PASS) E CONTESTUALE POSA IN OPERA DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE.

PROFILO

SEZIONE B-B
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 29 di 106

LAYOUT IN PIANTA
 SCALA 1:500

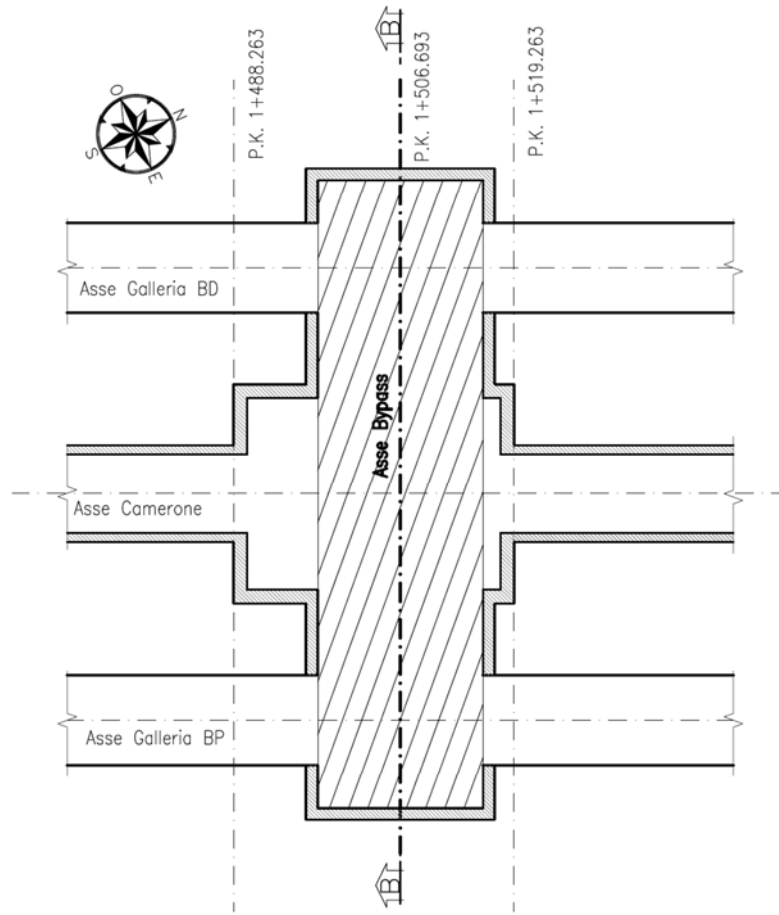


Figura 9 : Camerone smontaggio TBM, fase 7, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

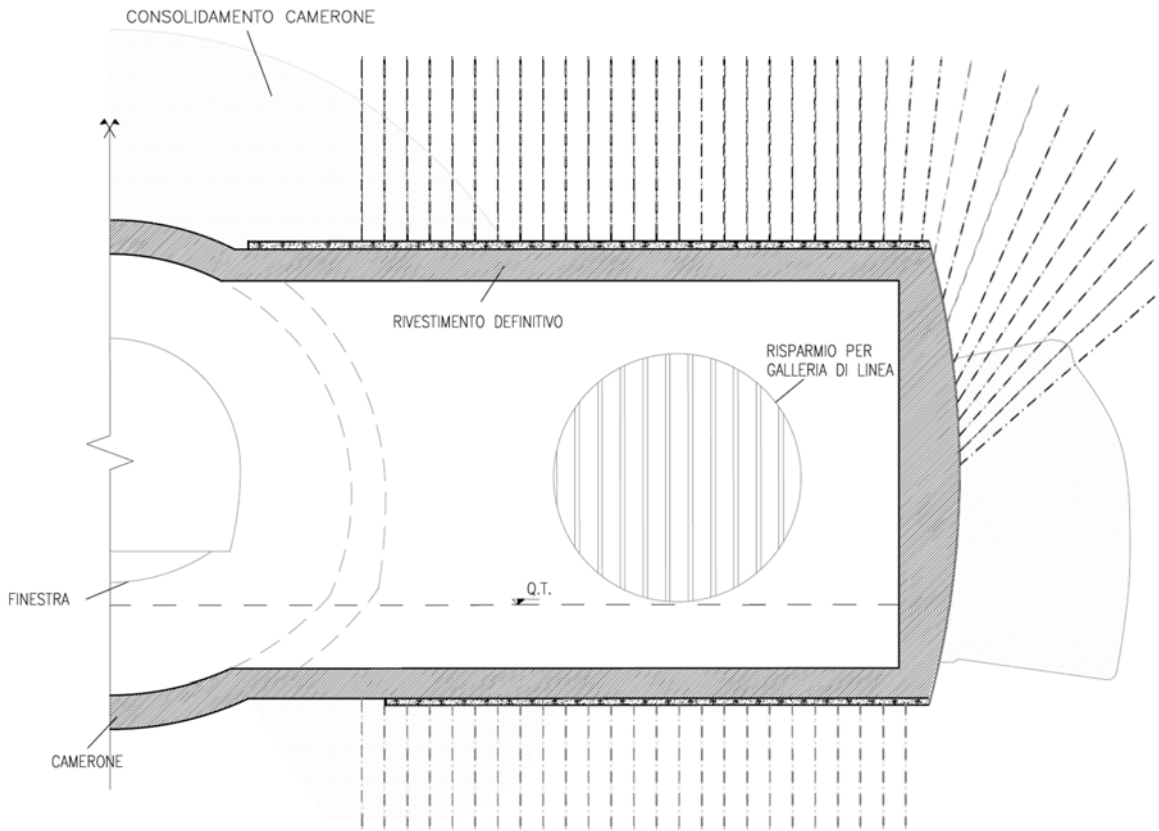
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF3A 02 E ZZ RH GN0230 001 D 30 di 106				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM					

FASE 8

GETTO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO DEL BY-PASS LASCIANDO UN RISPARMIO NEL GETTO IN CORRISPONDENZA DELLA POSIZIONE DELLA SAGOMA DELLE GALLERIE DI LINEA.

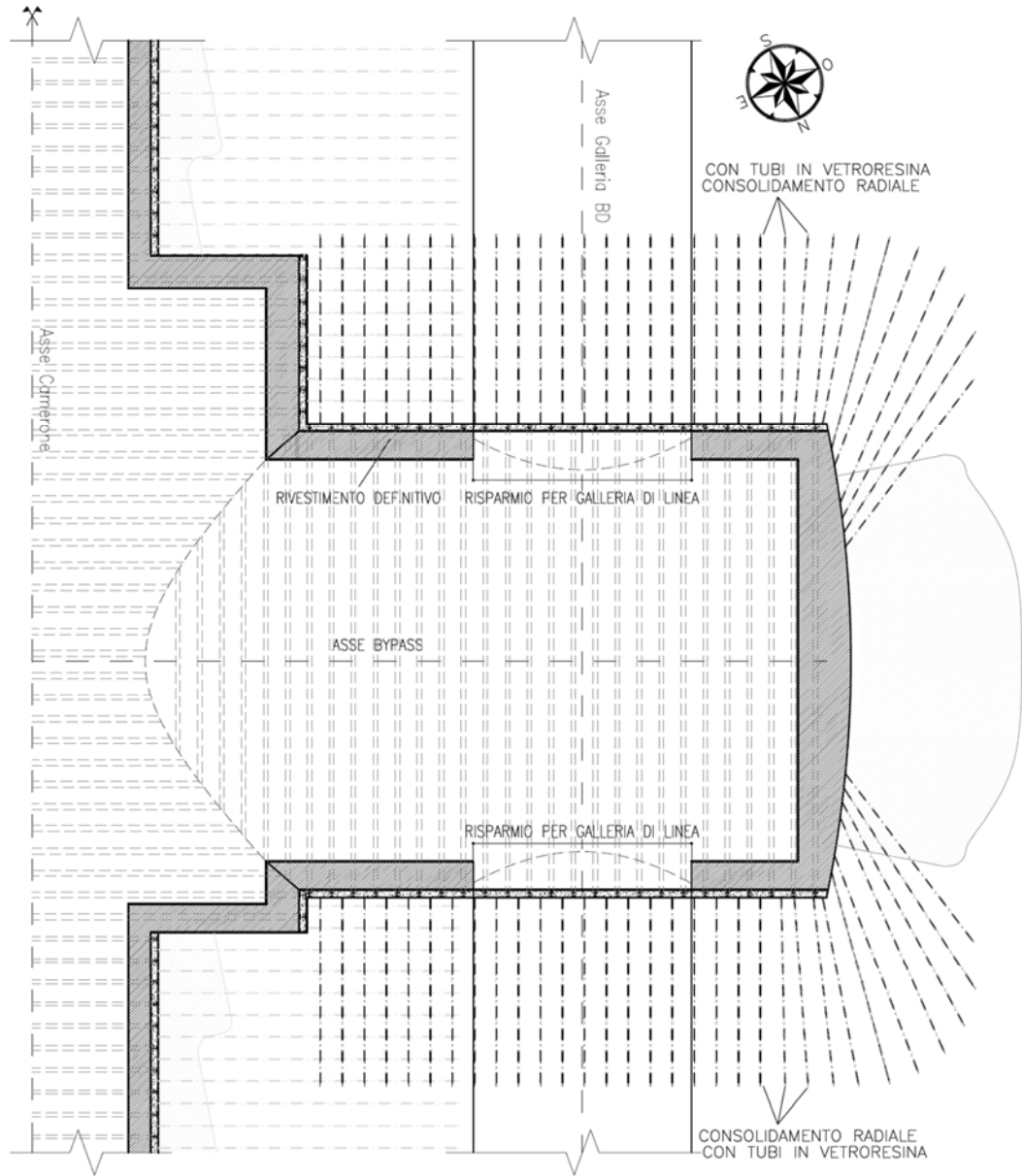
PROFILO

SEZIONE B-B
SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 31 di 106

PLANIMETRIA
 SCALA 1:200



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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 32 di 106

LAYOUT IN PIANTA
 SCALA 1:500

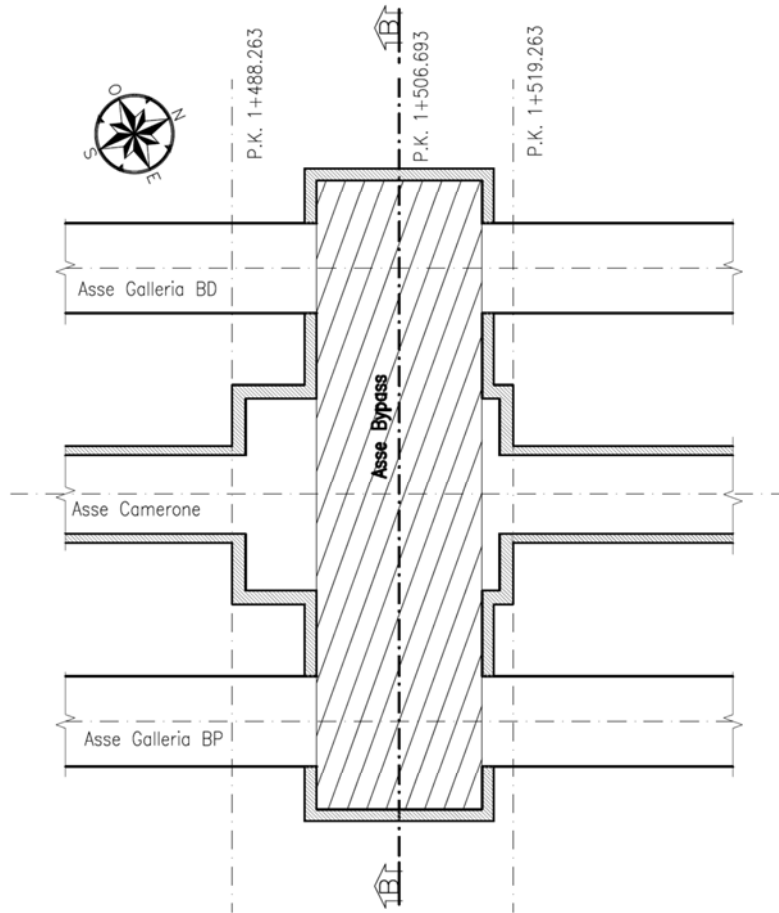


Figura 10 : Camerone smontaggio TBM, fase 8, profilo longitudinale, planimetria, layout in pianta.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 33 di 106

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 il camerone di smontaggio delle TBM e il relativo by-pass ubicato alla progressiva 1+506.693 (asse by-pass) della finestra F1.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 34 di 106

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

3.1 **LEGGI E NORMATIVE COGENTI**

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

Rif. [2] 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”.

Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;

Rif. [4] 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;

Rif. [5] 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;

Rif. [6] 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**

Rif. [7] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;

Rif. [8] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

Rif. [9] NIR n°28: NOTA INTERREGIONALE DEL 13/01/2005 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a edizione”

Rif. [10] NIR n°44: NOTA INTERREGIONALE DEL 28/05/2012 “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù TBM”

Rif. [11] Linea Guida “Grisù – TBM”. Scavo meccanizzato di grande sezione con TBM – EPB in terreni grisutosi, maggio 2015.

Rif. [12] 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)**

Rif. [13] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C “Manuale di Progettazione delle opere civili” (27/12/2018);

Rif. [14] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (dicembre 2015).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 35 di 106

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

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

Rif. [15] ITALFERR, Progetto di fattibilità tecnico economica (2017);

Rif. [16] 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:

Rif. [17] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici;

Rif. [18] U.O. Infrastrutture Centro, Elaborati Specialistici;

Rif. [19] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07RGGN0000001B “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo”;

Rif. [20] U.O. Gallerie, documento n° IF1V02D07RBPZ0100001A “Relazione geotecnica e di calcolo Pozzo di lancio TBM”;

Rif. [21] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000001B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 1 di 8”;

Rif. [22] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000002B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 2 di 8”;

Rif. [23] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000003B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 3 di 8”;

Rif. [24] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000004B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 4 di 8”;

Rif. [25] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000005B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 5 di 8”;

Rif. [26] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000006B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 6 di 8”;

Rif. [27] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000007B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 7 di 8”;

Rif. [28] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F5GN0000008B “Profilo geotecnico – Galleria Hirpinia - Tav. 8 di 8”;

Rif. [29] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07L7GN0200002B “Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 - Elaborati Generali - Planimetria e profilo longitudinale”;

Rif. [30] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07F6GN0000001C “Profilo geotecnico - Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1”;

Rif. [31] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07RBGN0000001C “Galleria di linea – galleria Hirpinia : Relazione geotecnica e di calcolo delle gallerie naturali – 1 di 2”;

Rif. [32] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07RBGN0000002C “Galleria di linea – galleria Hirpinia : Relazione geotecnica e di calcolo delle gallerie naturali – 2 di 2”;

Rif. [33] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07BBGN0200004B “Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 - Elaborati Generali - Sezione tipo B2 - Carpenteria, scavo e consolidamenti”;

Rif. [34] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07BBGN0200014A “Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 - Elaborati Generali - Sezione tipo B2* - Carpenteria, scavo e consolidamenti”;

Rif. [35] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07BBGN0200005B “Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 - Elaborati Generali - Sezione tipo C2 - Carpenteria, scavo e consolidamenti”;

Rif. [36] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07BBGN0200006C “Uscita/Accesso di emergenza carrabile F1 - Elaborati Generali - Sezione tipo C2p - Carpenteria, scavo e consolidamenti”;

Rif. [37] U.O. Gallerie, doc IF1V02D07P7GN0000001A “Planimetria opere interferenti con livello di danno”;

Rif. [38] U.O. Gallerie, doc IF3A02EZZROGN0200001A “Linee guida per l’applicazione delle sezioni tipo”;

Rif [39] U.O. Gallerie, doc IF3A02EZZCLGN0200001A “Relazione di calcolo uscita di emergenza”.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 36 di 106

4.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 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 Diuglas 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;
- International Tunnelling Association (ITA) / Association Internationale des 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;

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 RH</td> <td>GN0230 001</td> <td>D</td> <td>37 di 106</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	37 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	37 di 106													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM																		

- Kuesel 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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 38 di 106

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 sotterraneo e, nello specifico, della zona in corrispondenza del camerone e del by-pass 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 11). 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.

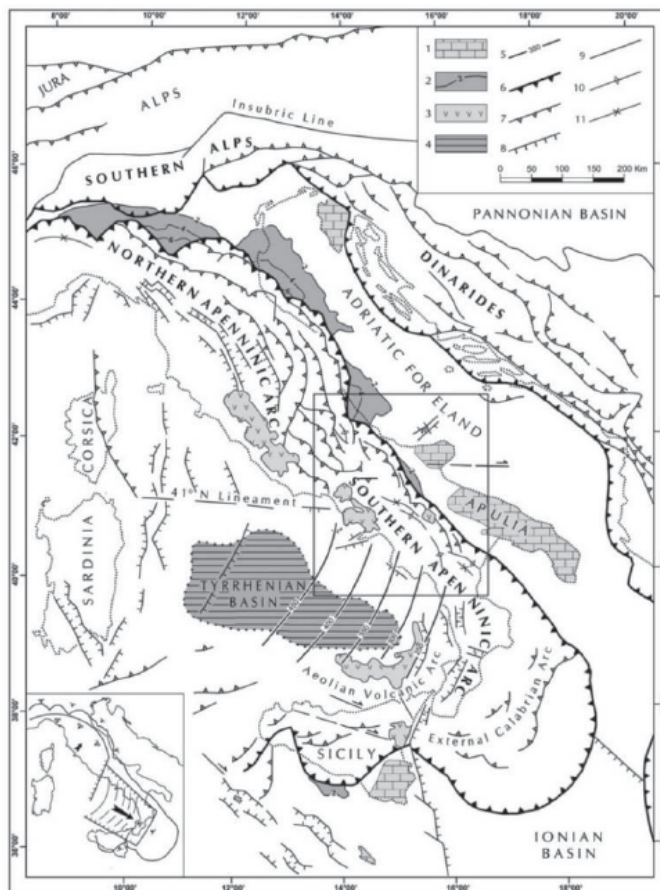


Figura 11 : Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti (da Patacca & Scandone 2007)

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 rinvengono, in discordanza stratigrafica, spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareomarnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 39 di 106

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 (Rif. [17]).

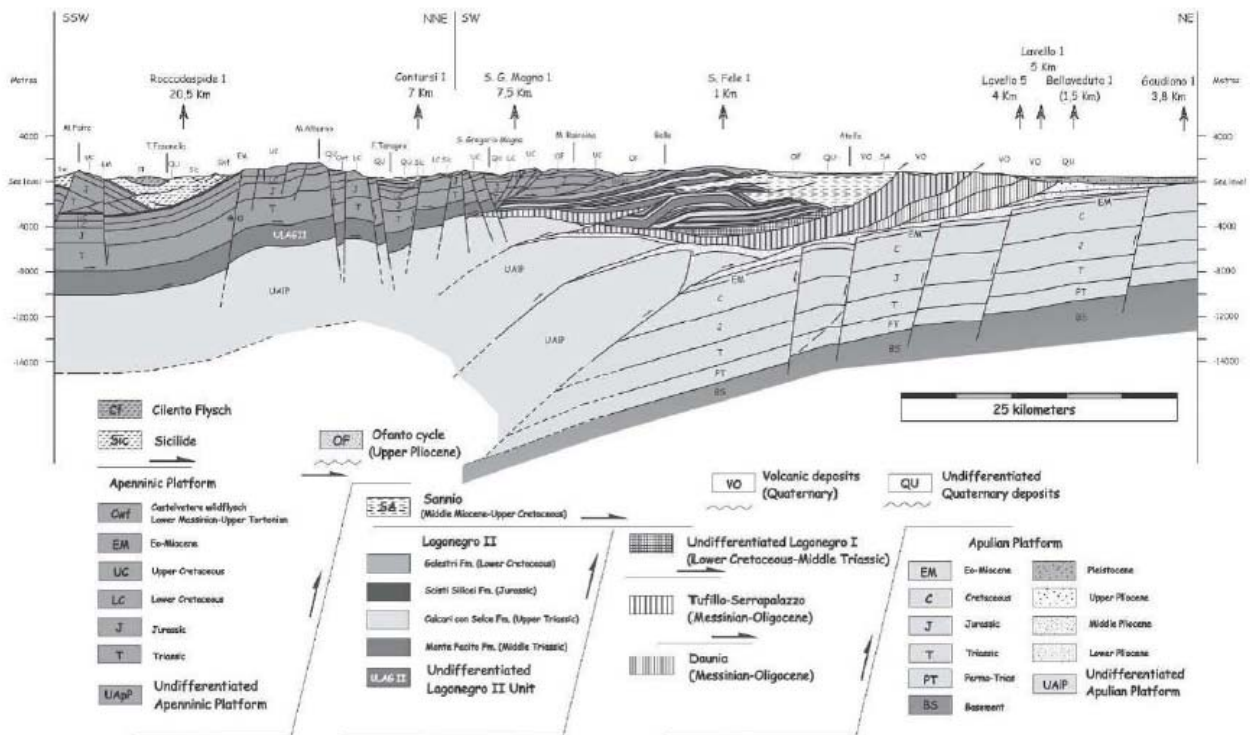


Figura 12 : Sezione geologica della Catena Appenninica meridionale, mostrante i rapporti tra le principali unità stratigrafico-strutturali a seguito della strutturazione dell'edificio a falde (da Scrocca et al. 2007)

All'interno della successione sedimentaria attraversata dal camerone nella progressiva 1+506.693, 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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 40 di 106

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 termini 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.

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.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 41 di 106

5.3 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il camerone di uscita TBM fa parte della galleria di uscita - emergenza F1 che a sua volta si colloca nella porzione centrale dell'area interessata dallo scavo della galleria Hirpinia, e intercetta le due canne a singolo binario alla progressiva 1+506.693 (asse by-pass) della galleria F1 (Figura 4).

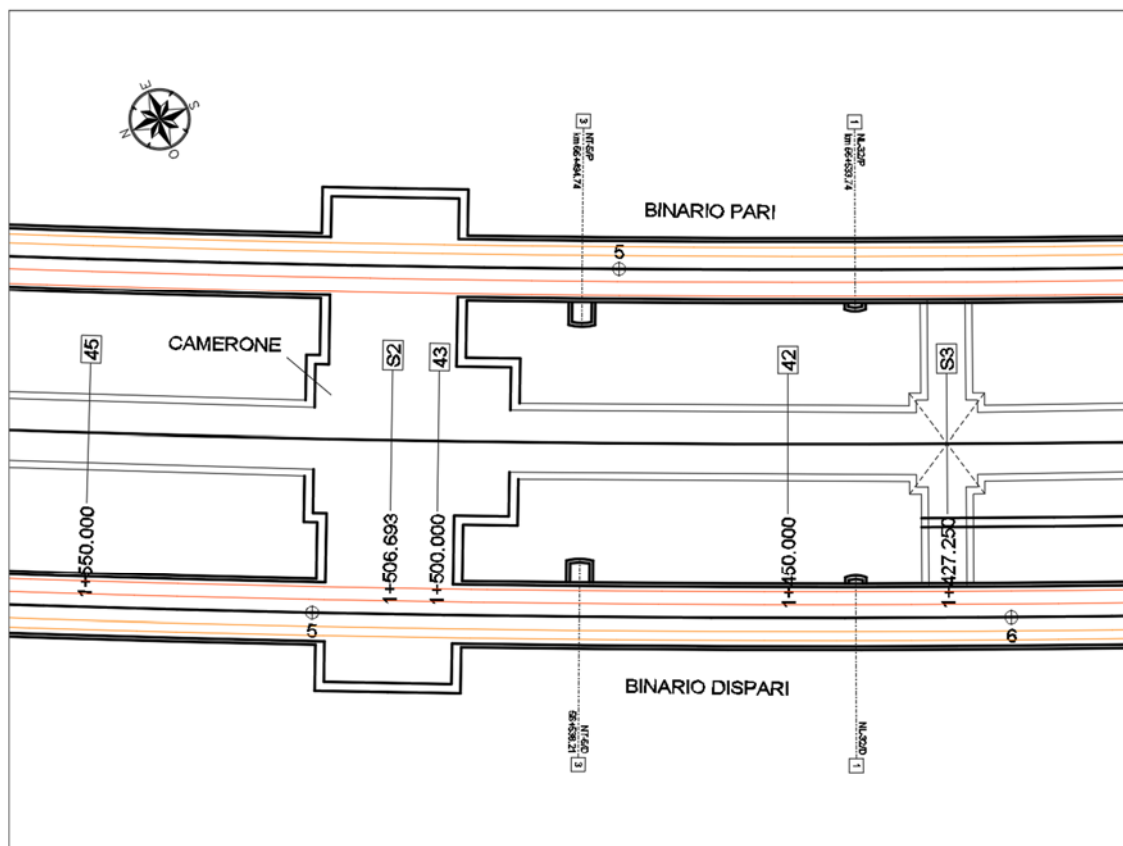


Figura 13 : Tratta finale della finestra F1 con l'area di sicurezza.

Con riferimento alla seguente Figura 14, 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 15) e il sondaggio integrativo di Progetto Esecutivo, S16 (Figura 16).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 42 di 106

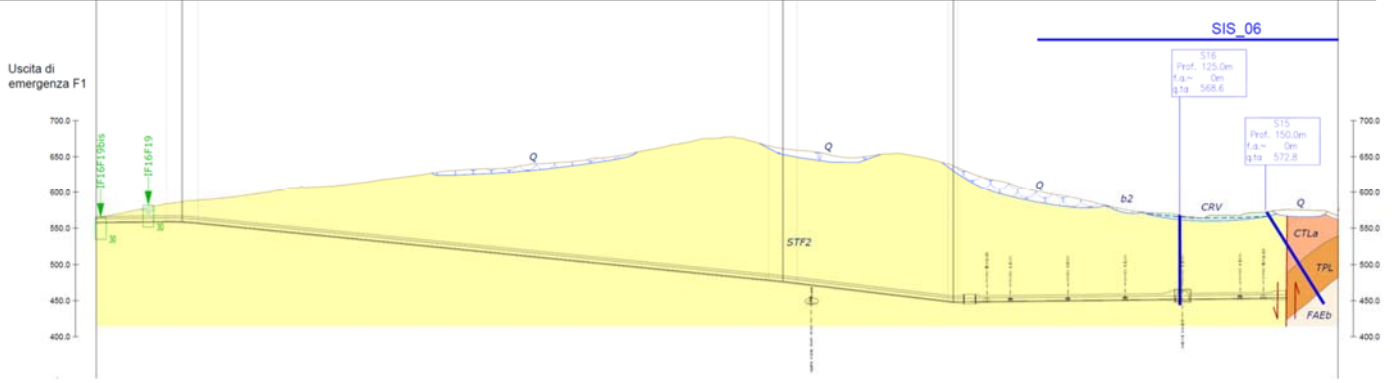
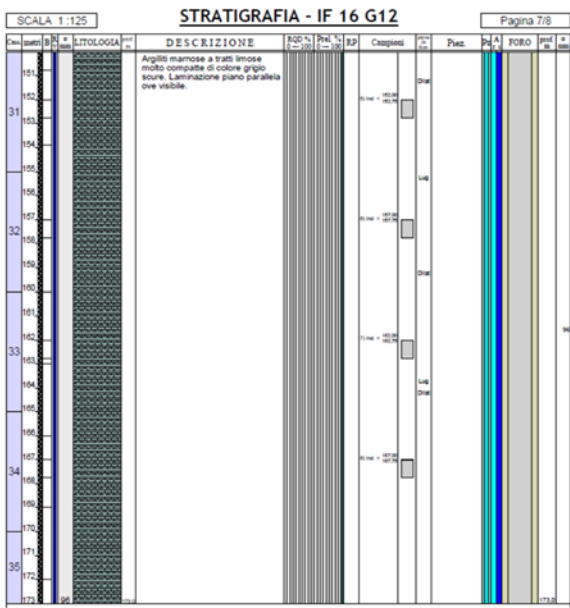
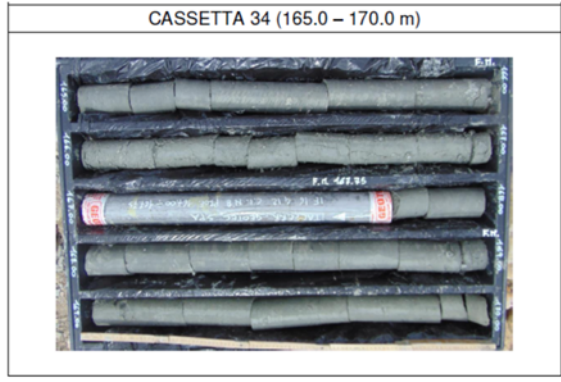


Figura 14 : Profilo geologico - geotecnico longitudinale della finestra F1.



Committente: Italferr S.p.A. Riferimento: Sondaggio profondo tratta Irpinia - Orsara Coordinate: E2531587,336;N2531587,336 - Meris Meris/Carino Stage 1 EPSG:3000 Perforazione: Carotaggio continuo, tecnologia Wire Line	Sondaggio: IF 16 G12 Data: 05/04 - 19/04/2018 Quota: 595 m s.l.m. Pagina: 18 di 18
--	---



Figura 15 : 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 43 di 106



Figura 16 : Sondaggio S16, Carote prelevate a quota cavo relative alla formazione STF2.

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 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 44 di 106

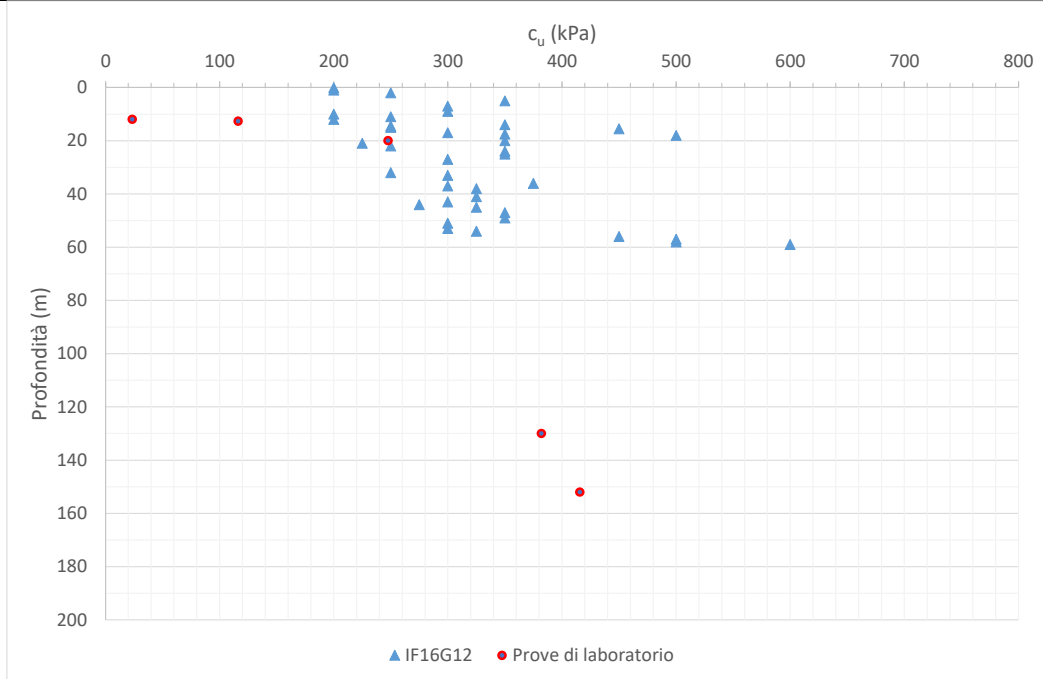


Figura 17 : Valori della resistenza al taglio non drenata, c_u .

- Andamento con la profondità dei valori dell'angolo di resistenza al taglio, ϕ' , (Figura 19) 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 18.

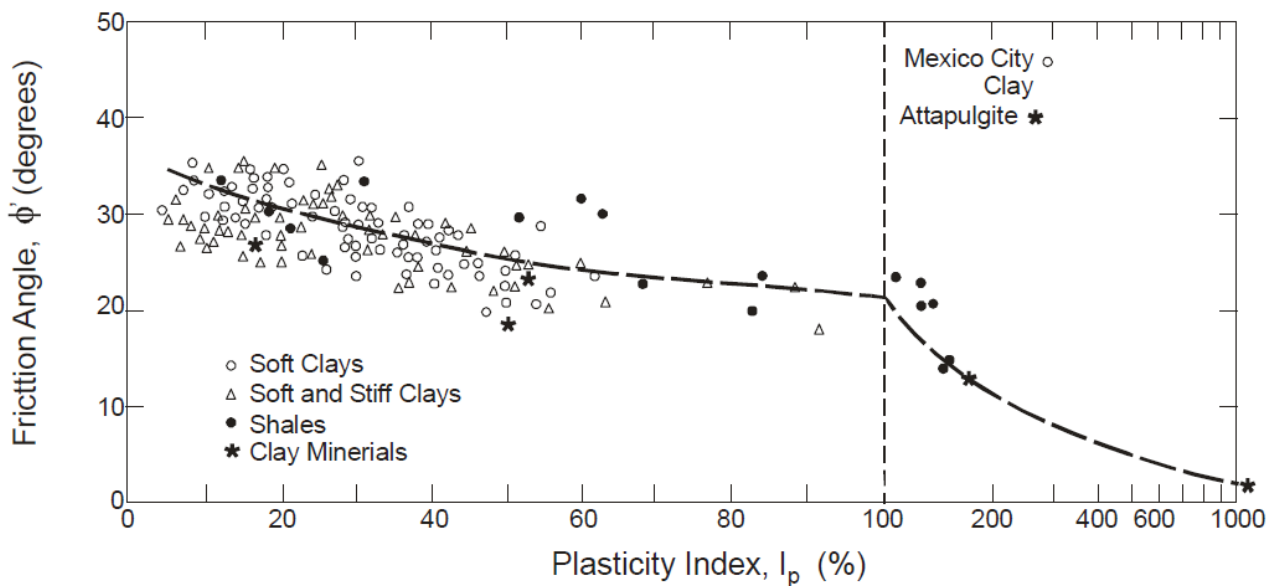


Figura 18 : Correlazione fra ϕ' e I_p (Terzaghi, Peck, and Mesri, 1996).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 45 di 106

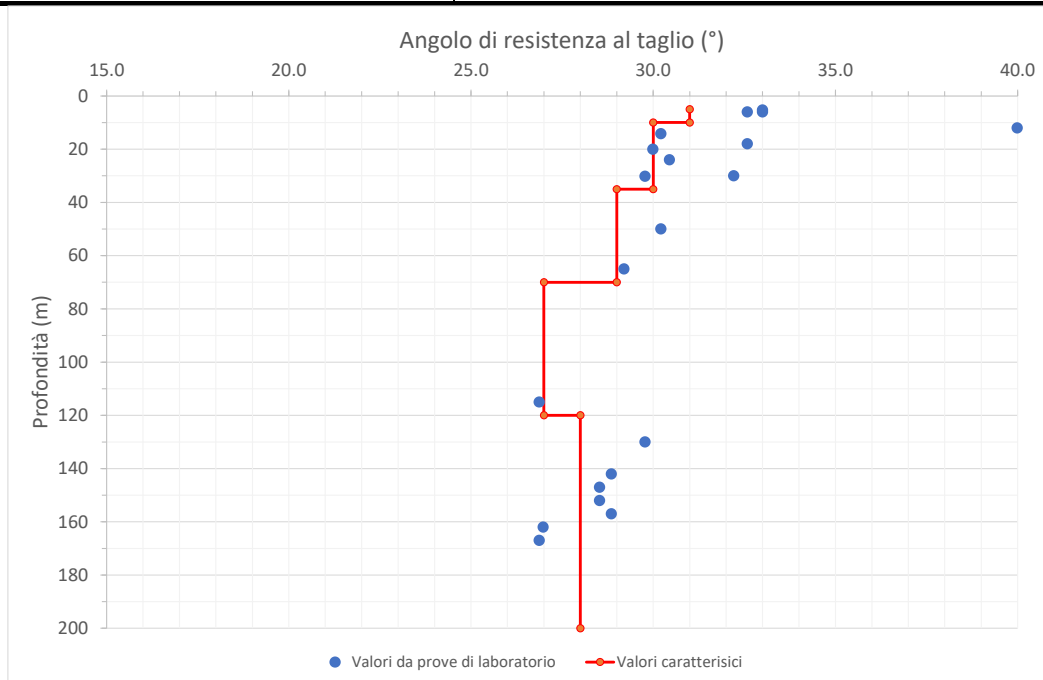


Figura 19 : Valori dell' angolo di resistenza al taglio, ϕ '.

- 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 20); 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 21 sono riportati i valori ottenuti.

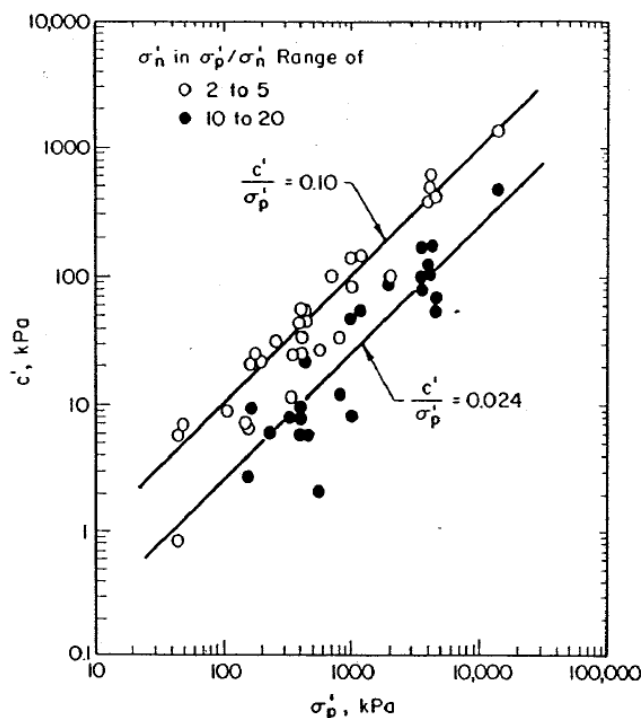


Figura 20 : Relazione fra la coesione efficace intercetta c' , la pressione di preconsolidazione σ'_p , e la tensione efficace normale agente sulla superficie di rottura σ'_n (Mesri e Abdel – Ghaffar (1993)).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 46 di 106

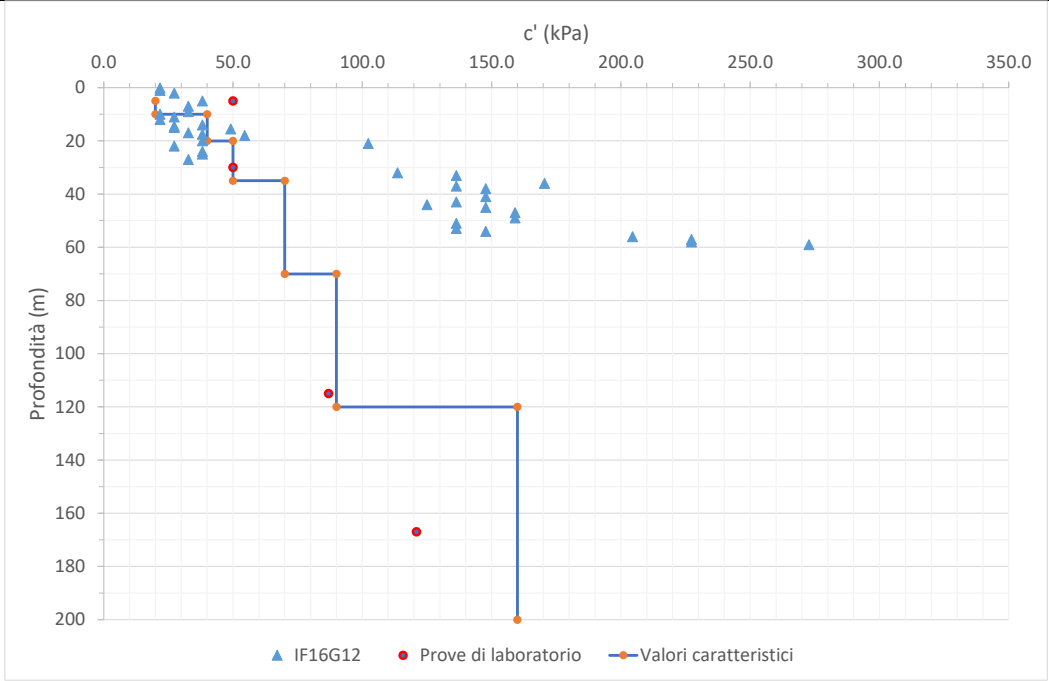


Figura 21 : Valori della resistenza al taglio drenata, c'.

Nella seguente Figura 22 : sono riportati i risultati dei moduli di deformabilità ottenuti dalle prove dilatometriche effettuate.

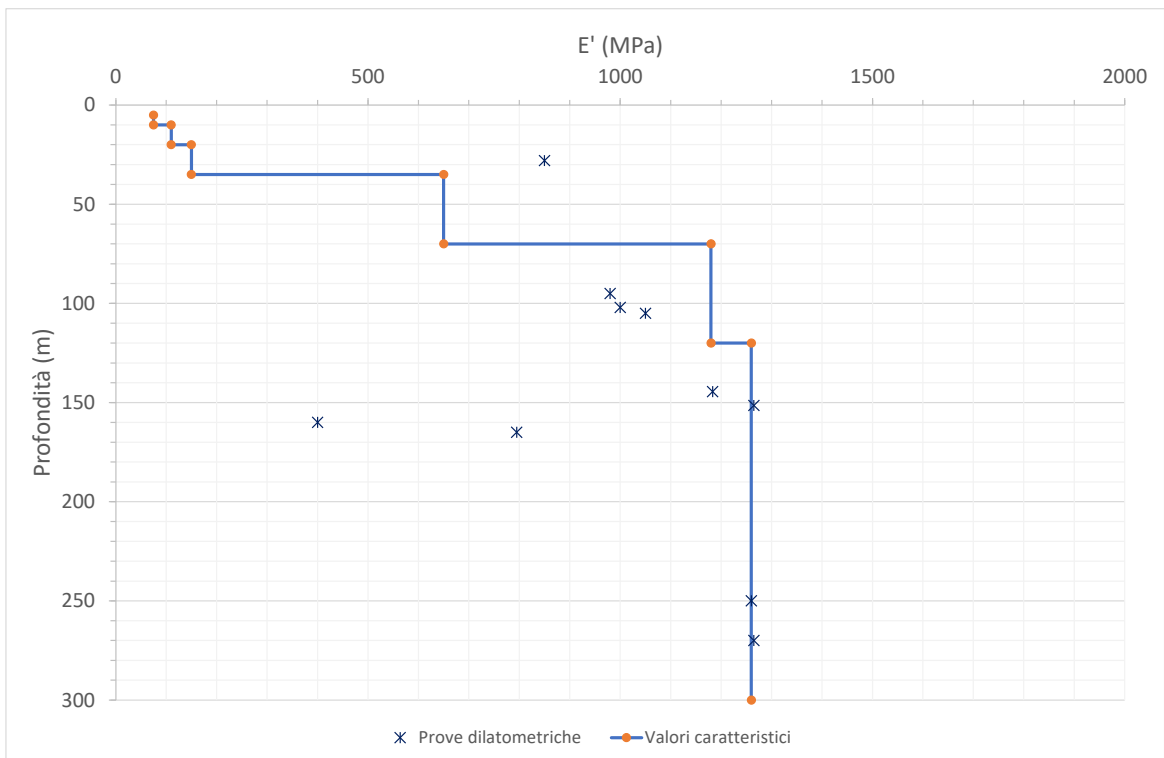


Figura 22 : Valori del modulo di deformabilità ottenuto dalle prove dilatometriche.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 47 di 106

Inoltre, nella seguente Figura 23, 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 24, 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 1 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 23.

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.

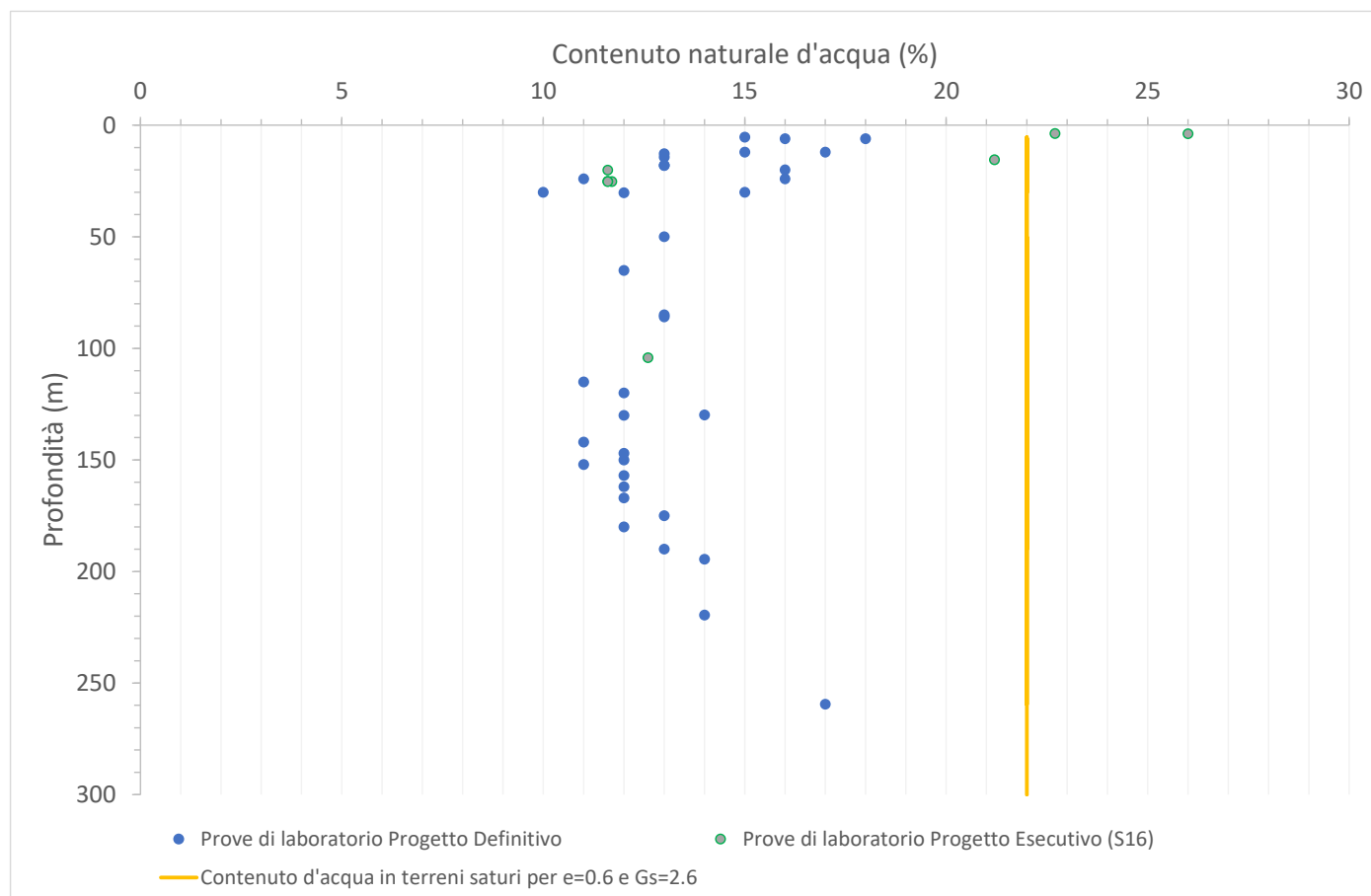


Figura 23 : Valori del contenuto naturale d'acqua ottenuto dai campioni indisturbati, in funzione della profondità.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 48 di 106

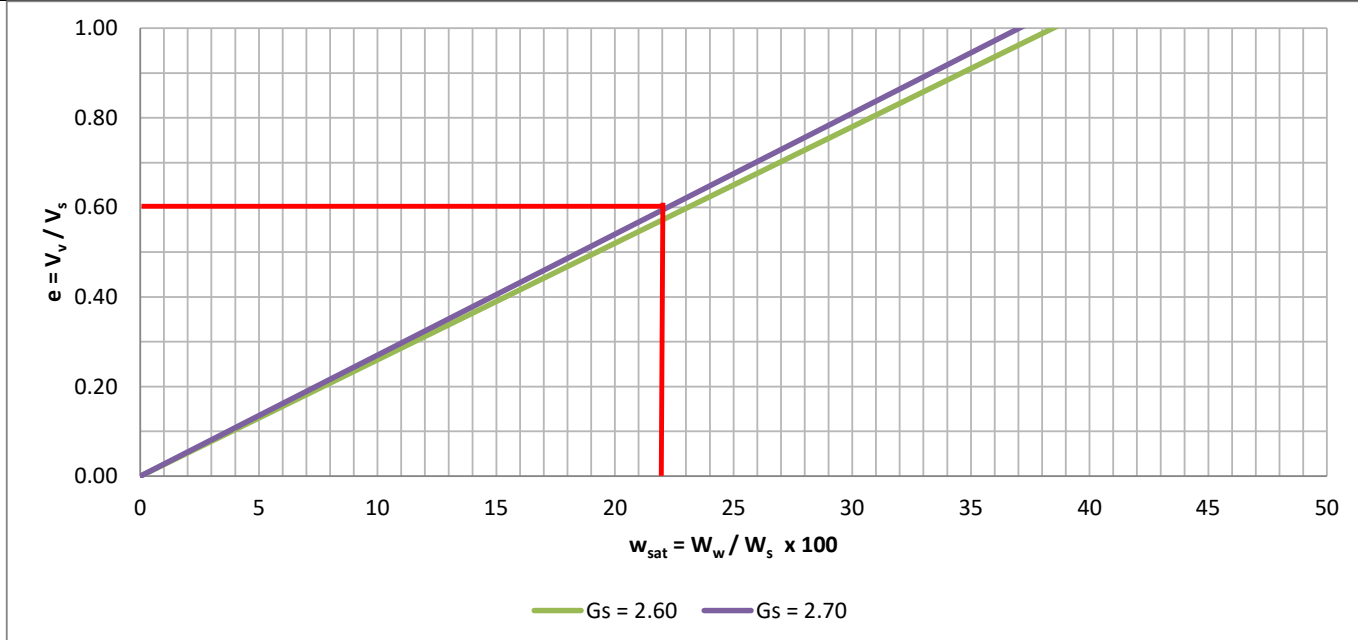


Figura 24 : Valori del contenuto naturale d'acqua di terreni saturi in funzione del valore dell'indice dei vuoti e del peso specifico.

Tabella 1 – 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:

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

essendo:

$$K_0 (NC) = \text{coefficiente di spinta a riposo del terreno normalconsolidato} = 1 - \text{sen } \phi'$$

$$K_0 (OC) = \text{coefficiente di spinta a riposo del terreno sovraconsolidato}$$

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

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

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 49 di 106

Nella seguente Figura 25, sono riportati i relativi valori ottenuti dal sondaggio IF16G12.

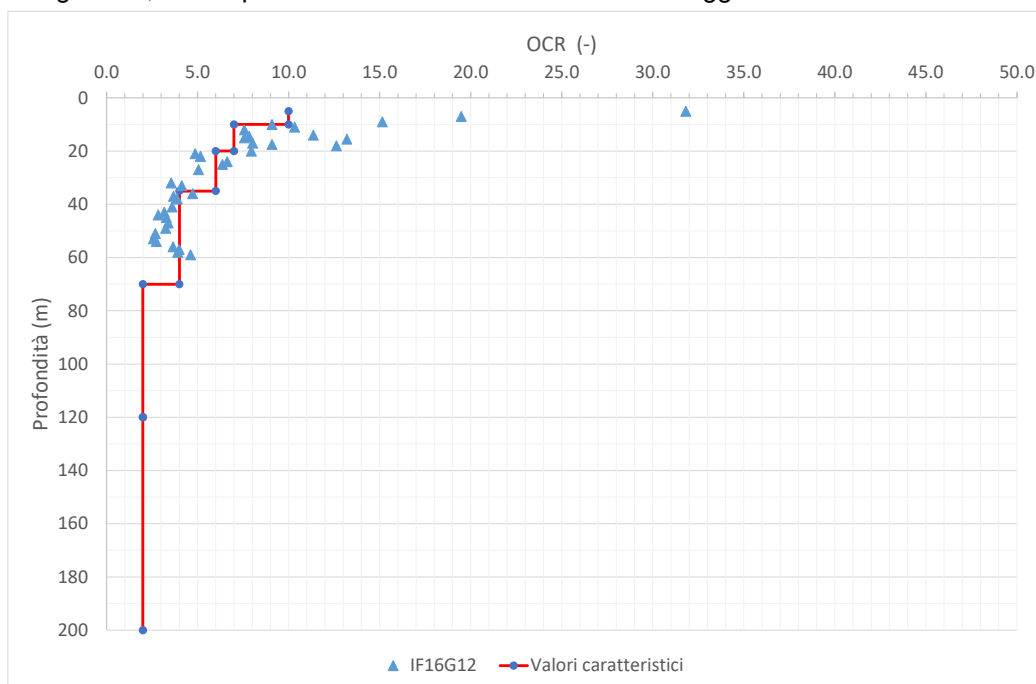


Figura 25 : Valori del grado di preconsolidazione OCR.

In conclusione, nella seguente Tabella 2, sono riepilogati i valori caratteristici dei parametri geotecnici che saranno adottati per le verifiche delle sezioni tipo.

Tabella 2 –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 3 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).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 50 di 106

Tabella 3 –Unità delle Peliti di Difesa Grande (STF2), riepilogo parametri geotecnici.

Parametri	Copertura 5-20 m	Copertura 20 – 35 m	Copertura 35 – 70 m	Copertura70 –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

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOLGIO 51 di 106

5.4 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 5.3 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:

- 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 (Figura 26 :) nella quale, per quanto concerne la stima del carico idraulico, sono state individuate le seguenti 9 classi: (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	1 > 2 l/s x 10m		3 $0.4-2$ l/s x 10m		2 $0.16-0.4$ l/s x 10m		1 $0-0.16$ l/s x 10m	
		Stima del carico idraulico (m)	9 >200 m	8 175-200m	7 150-175m	6 125-150m	5 100-125m	4 75-100m	3 50-75m	2 25-50m

Figura 26 : 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 52 di 106

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".

Fenomeni deformativi

Come emerso dai risultati delle prove di laboratorio eseguite (Rif. [31], fase conoscitiva), 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 segnala un rischio basso relativamente a fenomeni d'elevate deformazioni dell'ammasso.

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 nel camerone in fase di scavo è del tutto trascurabile.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 53 di 106

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 tenso-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 rigidità 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 tenso-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 tenso-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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 54 di 106

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);

Tali valutazioni sono state condotte con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

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.

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: 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 55 di 106

Sezioni analizzate

Le diagnosi presentate in questo paragrafo includono, tramite il metodo delle Linee Caratteristiche, le valutazioni di stabilità per le sezioni a copertura elevata: sezione camerone e by-pass ($H \approx 110$ m). Le analisi presentate di seguito considerano un comportamento a cavo libero (non sostenuto) e in assenza di interventi di precontenimento al fronte / contorno.

Sezione camerone

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione camerone una copertura massima di 110 m in corrispondenza della progressiva 1+506.693. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione al paragrafo 5.3 e conformemente alla geometria di scavo.

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+506.693 nella formazione STF2 Sezione prevista :Camerone		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 10.30
Copertura	H (m)	= 110.00
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22.00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 27.00
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 27.00
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0.09
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0.09
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1180.00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1180.00
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 (-)	= 0.00
Diametro di perforazione	D (m)	= 0.10
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 10.00
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0.15
Resistenza elemento in VTR	σ_{yld} (MPa)	= 761.90
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0.00
Stato di sforzo originario (isotropo) $S = \gamma_t \cdot H = 2.42$		
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = cr \cdot \cotan \phi_r$	= 0.18
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = cp \cdot \cotan \phi_p$	= 0.18
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2.66
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2.66
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_p = 2 \cdot c_r \cdot N_p^{0.5}$	= 0.29
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 0.29
Coefficiente di dilatazione	$K_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1.00
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\tau D L \cdot c; \sigma_{yld} \cdot A_{VTR})$	= 0.47
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte e generica pressione	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi/2) / (2 \cdot \pi \cdot a^2)$	= 0.00
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa)	0.147
Pressione cons. fronte		0.000
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa)	---
Convergenza massima		
lontano dal fronte		u_{mn} (cm) = 3.2845
vicino al fronte		u_{mn}^f (cm) = ---
Limite per caso elastico lineare		u_{riv} (cm) = ---
lontano dal fronte	p (MPa) = 1.241	u_{max} (cm) = 21.253
vicino al fronte	p (MPa) = 1.055	u_{max}^f (cm) = 6.06
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte		R_{max} (-) = 3.499
vicino al fronte		R_{max}^f (-) = 1.793

Figura 27 : 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 56 di 106

Progetto: Curva caratteristica alla pk 1+506.693 nella formazione STF2
 Sezione di tipo prevista: Camerone

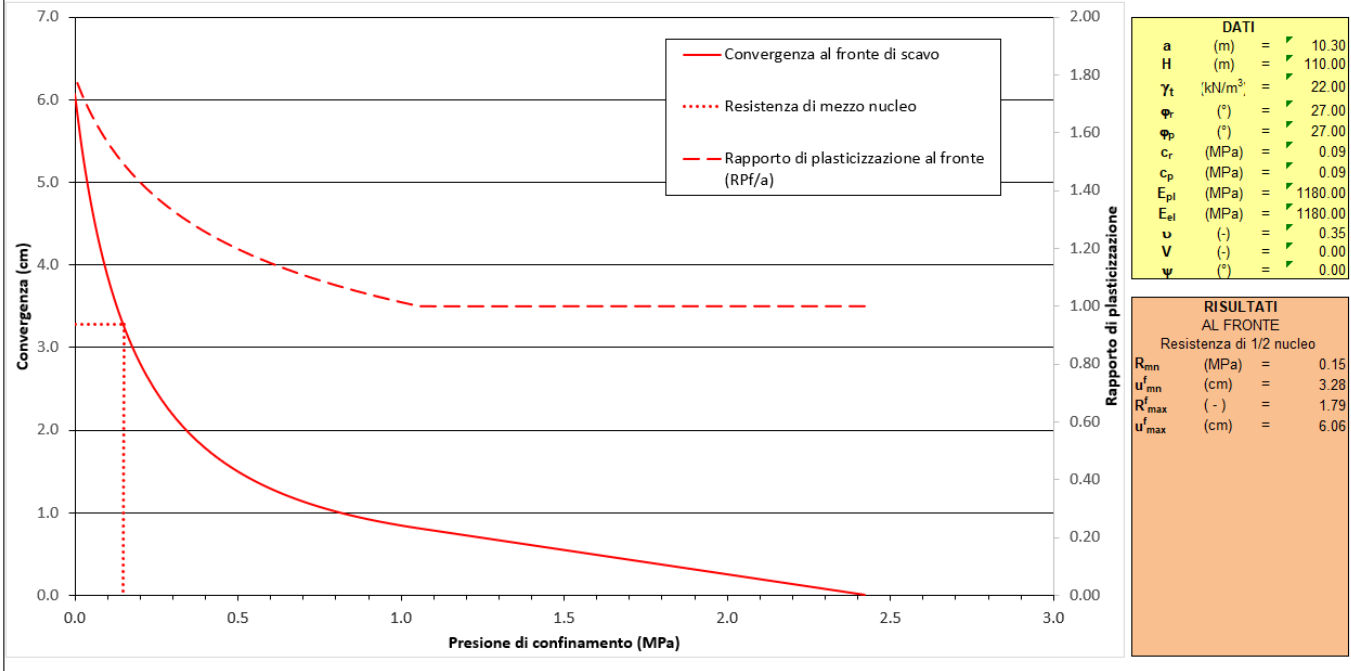


Figura 28 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione camerone

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 57 di 106

Sezione by-pass

L'analisi di comportamento per via analitica, con il metodo delle Linee Caratteristiche (LC), prevede per la sezione by-pass una copertura massima di 110 m in corrispondenza della progressiva 1+506.693. La diagnosi è condotta in accordo alla stratigrafia e alla parametrizzazione al paragrafo 5.3 e conformemente alla geometria di scavo.

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+ 506.693 nella formazione STF2 Sezione prevista: BY PASS		
Dati:		
Raggio della galleria	a (m)	= 9.00
Copertura	H (m)	= 110.00
Peso specifico del terreno	γ_t (kN/m ³)	= 22.00
Parametri di resistenza:		
Angolo di attrito nella zona plastica	ϕ_r (°)	= 27.00
Angolo di attrito nella zona elastica	ϕ_p (°)	= 27.00
Coesione nella zona plastica	c_r (MPa)	= 0.09
Coesione nella zona elastica	c_p (MPa)	= 0.09
Parametri di deformabilità:		
Modulo di elasticità in zona plastica	E_{pl} (MPa)	= 1180.00
Modulo di elasticità in zona elastica	E_{el} (MPa)	= 1180.00
Coefficiente di Poisson	ν (-)	= 0.35
Aumento di volume nella zona plastica ($V = (V_f - V_i)/V_i$)	V (-)	= 0.00
Angolo di dilataza	ψ (°)	= 0.00
Parametri del preconsolidamento al fronte (VTR)		
Numero chiodi in VTR al fronte	N (-)	= 0.00
Diametro di perforazione	D (m)	= 0.10
Lunghezza di ancoraggio	L (m)	= 10.00
Aderenza malta-terreno	τ (MPa)	= 0.15
Resistenza elemento in VTR	σ_{id} (MPa)	= 761.90
Area reagente barra in VTR	A_{VTR} (m ²)	= 0.00
Stato di sforzo originario (isotropo) $S = \gamma_t \cdot H = 2.42$		
Coesione apparente nella zona plastica	$CA_r = c_r \cdot \cotan \phi_r$	= 0.18
Coesione apparente nella zona elastica	$CA_p = c_p \cdot \cotan \phi_p$	= 0.18
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona plastica	$N_r = (1 + \sin \phi_r) / (1 - \sin \phi_r)$	= 2.66
Coefficiente di resistenza triassiale nella zona elastica	$N_p = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 2.66
Resistenza a compressione uniassiale nella zona plastica	$f_r = 2 \cdot c_r \cdot N_r^{0.5}$	= 0.29
Resistenza a compressione uniassiale nella zona elastica	$f_p = 2 \cdot c_p \cdot N_p^{0.5}$	= 0.29
Coefficiente di dilataza	$K_v = (1 + \sin \phi_p) / (1 - \sin \phi_p)$	= 1.00
Resistenza ultima di un elemento in VTR	$T = \min(\pi D \cdot L \cdot \tau; \sigma_{id} \cdot A_{VTR})$	= 0.47
Incremento di coesione dovuto al preconsolidamento al fronte e generica pressione	$\Delta c = N \cdot T \cdot \tan(45 + \phi_r/2) / (2\pi a^2)$	= 0.00
Risultati:		
Resistenza di mezzo nucleo	R_{mn} (MPa)	0.147
Pressione cons. fronte		0.000
Intersezione Convergenza - Rivestimento	p_{riv} (MPa)	---
Convergenza massima		
lontano dal fronte		u_{max}^f (cm) = 18.571
vicino al fronte		u_{max}^f (cm) = 5.30
Limite per caso elastico lineare		
lontano dal fronte	p (MPa) = 1.241	u (cm) = 1.214
vicino al fronte	p (MPa) = 1.055	u (cm) = 0.703
Rapporto di plasticizzazione massimo		
lontano dal fronte		R_{max} (-) = 3.499
vicino al fronte		R_{max}^f (-) = 1.793

Figura 29 : dati di ingresso e risultati per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione by-pass

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 58 di 106

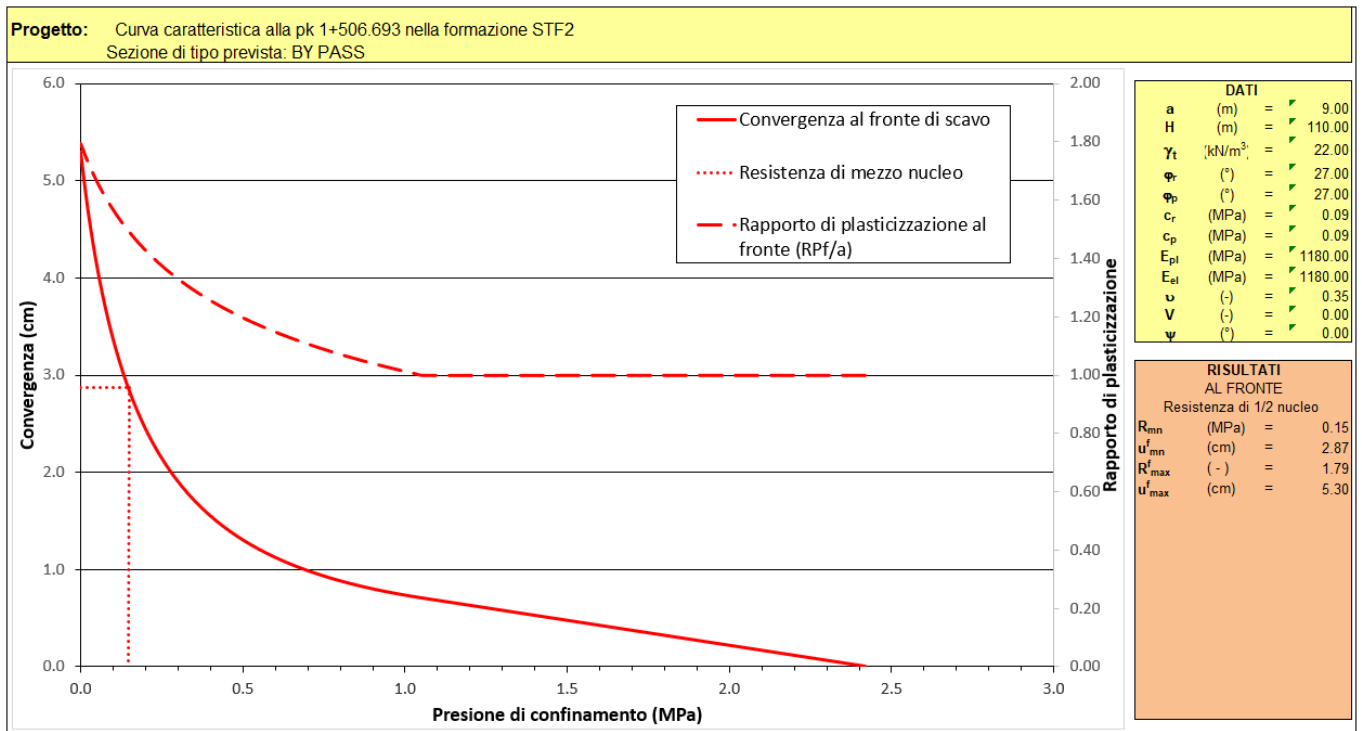


Figura 30 : curva caratteristica e rapporto di plasticizzazione al fronte per la diagnosi di stabilità con il metodo LC – sezione by-pass

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 59 di 106

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 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 4 : dati di ingresso delle sezioni diagnosticate tramite il metodo LC

DATI DELLE SEZIONI ANALIZZATE									
progressiva[m]	Profondità[m]	Formazione	Sezioni tipo	Peso di volume[kN/m3]	angolo d'attrito [°]	Coesione [MPa]	v[-]	Modulo di deformabilità [MPa]	Raggio di scavo[m]
1+ 506.693	110	STF2	Camerone	22	27	0.09	0.35	1180	10.3
1+ 506.693	110	STF2	By-pass	22	27	0.09	0.35	1180	9.00

Tabella 5 :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 6 :Risultati della diagnosi delle sezioni ad alte coperture – ADECO-RS applicato al metodo delle LC

RISULTATI			
u_{cavo}/Req	R_{pl}/Req	Sezione analizzata	Categoria di comportamento metodo ADECO RS
0.59	1.79	Camerone	C
0.59	1.79	By-pass	C

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 RH</td> <td>GN0230 001</td> <td>D</td> <td>60 di 106</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	60 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	60 di 106													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM																		

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 il comportamento atteso al fronte è di tipo instabile, di categoria 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 61 di 106

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 FASI DI REALIZZAZIONE

Le geometrie delle due gallerie, camerone e by-pass, sono state sviluppate sulla base degli spazi richiesti per la movimentazione delle TBM riportati nelle due figure successive.

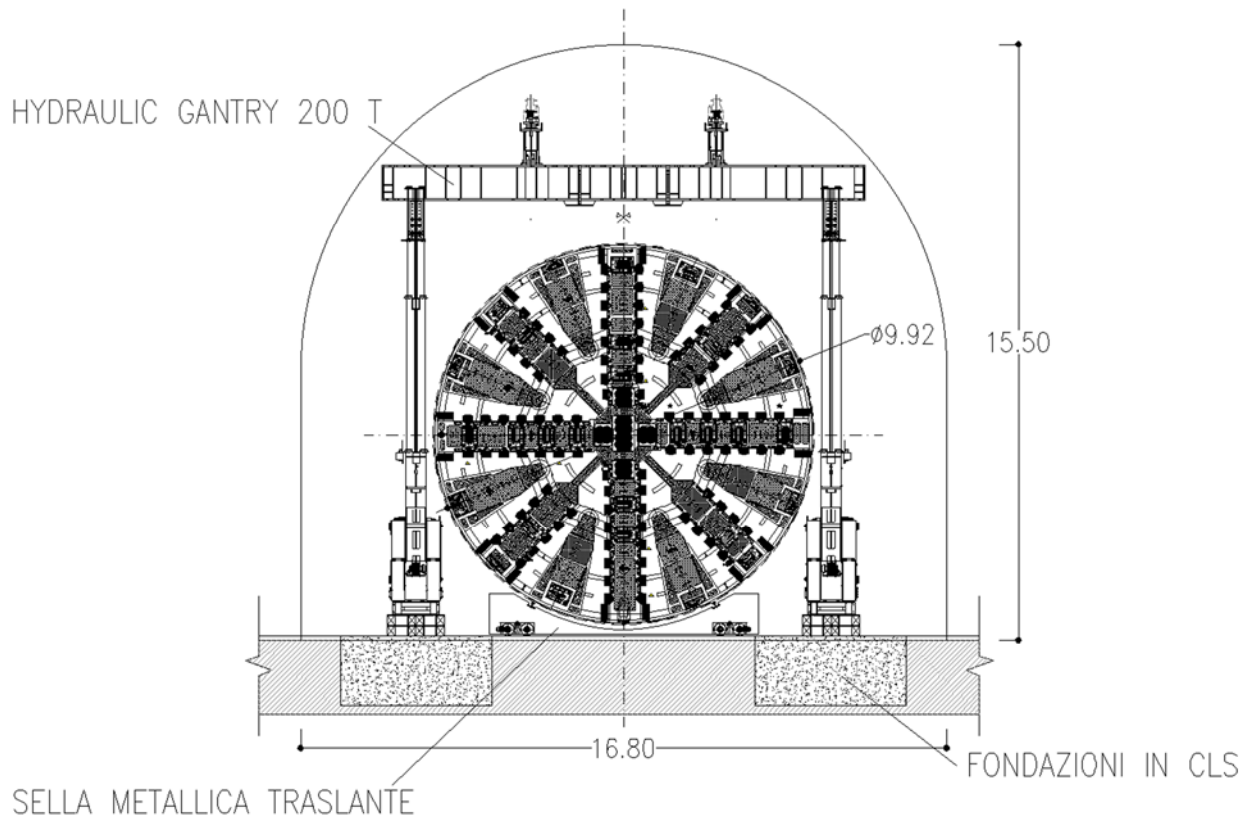


Figura 31 : spazi richiesti per la galleria camerone

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 62 di 106

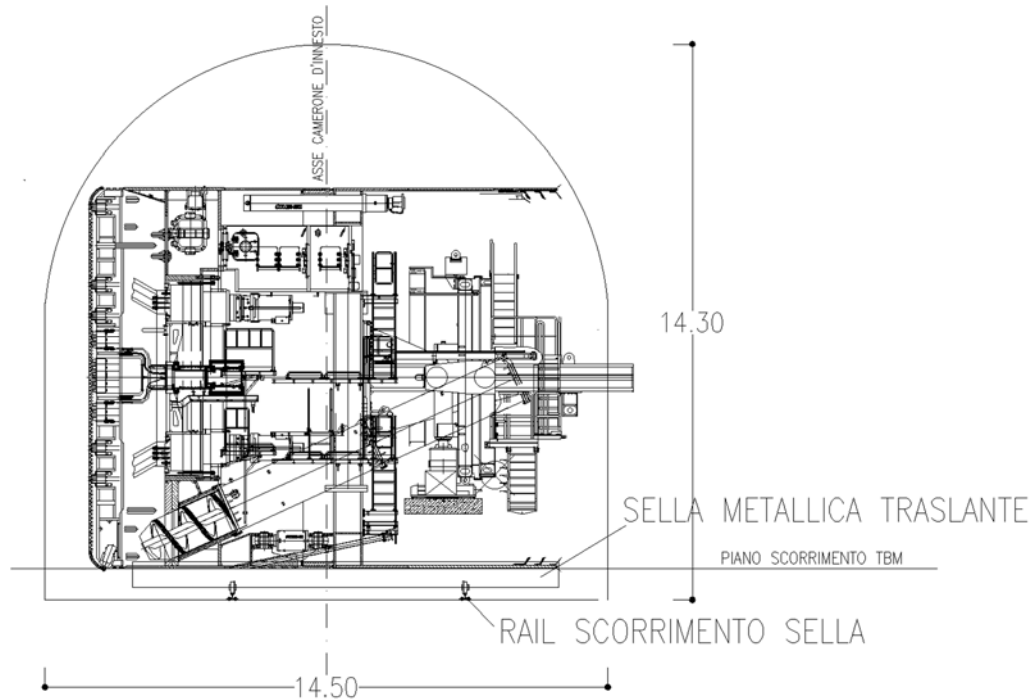


Figura 32 : spazi richiesti per la galleria by-pass

La soluzione prevede che entrambe le gallerie vengano realizzate scavando dapprima una sezione di dimensioni ridotte rispetto a quella finale, nello specifico adottando gli interventi della sezione tipo C2p già prevista per lo scavo della galleria finestra, e successivamente, dopo la realizzazione di un consolidamento radiale mediante tubi in vetroresina cementati con miscele espansive, lo scavo di allargamento della sezione.

Verrà infine realizzato il rivestimento definitivo che prevede dei risparmi di getto sia nella galleria camerone che in quella di by-pass. In un caso per consentire lo scavo e il relativo innesto della galleria di by-pass e nel secondo in corrispondenza delle future gallerie di linea scavate con TBM.

Per il dettaglio delle fasi esecutive si rimanda agli specifici elaborati.

7.2 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO

In funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, sono previste delle 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.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite per la realizzazione del camerone e del relativo by-pass, in corrispondenza della galleria finestra alla progressiva 1+506.693.

Si precisa che gli interventi descritti nel seguito sono quelli previsti a valle della realizzazione della sezione tipo C2p sia nella tratta del camerone che del by-pass.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 63 di 106

Sezione camerone

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione camerone, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del contorno realizzato mediante elementi strutturali in VTR, L = 14÷17 m passo longitudinale 1,00 m e radiale di 7.5°, cementati in foro con miscele espansive;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB240 con passo 1,0 m. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB240 con passo 1.00 m e 0,30 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,50 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 30 m;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,50 m) gettata ad una distanza massima da definire in funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera.

Sezione by-pass

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione by-pass, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del contorno realizzato mediante elementi strutturali in VTR, L = 13÷16 m passo longitudinale 1,00 m e radiale di 7.5°, cementati in foro con miscele espansive;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB200 con passo 1,0 m. Chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB200 con passo 1.00 m e 0,30 m di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 1,30 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 30 m;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 1,30 m) gettata ad una distanza massima da definire in funzione del comportamento deformativo del cavo riscontrato in corso d'opera.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 64 di 106

7.3 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 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.

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'esecuzione di drenaggi in avanzamento e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta. Nel caso di scavo meccanizzato, nell'attraversamento di zone di faglia o strutture tettoniche, in cui il rischio di venute d'acqua potrebbe risultare più elevato, è previsto l'avanzamento con fronte in pressione.

Nelle stesse tratte, laddove siano riscontrate permeabilità elevate associate a carichi idraulici elevati, è prevista la realizzazione di drenaggi in avanzamento dalla macchina.

Nelle tratte in cui sono previsti carichi idraulici elevati associati a coperture elevate, al fine di garantire la capacità portante dei rivestimenti definitivi in progetto, è prevista l'esecuzione di un intervento di drenaggio di lungo termine volto alla riduzione dei carichi idraulici stessi.

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 (Figura 33) 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		Classi di esposizione																
		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												
Nessun rischio di corrosione dell'armatura	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	0,45	0,55	0,50	0,45	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	C32/40	C35/45	C35/45	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	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)			

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/HR 16177 o UNI 7067 per la relativa classe di esposizione. 1) valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).
Qualora si rilegga 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.

Figura 33 : classe di esposizione secondo la UNI 11104-2016

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 65 di 106

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.

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.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 66 di 106

7.4 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 (Rif. [1]).

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	
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

Rivestimento provvisorio

Calcestruzzo proiettato fibrorinforzato	
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	$E_{cm} = 22\,000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 31476 \text{ MPa}$

Acciaio per centine	
Tipo	<i>S355</i>
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 338.1 \text{ MPa}$

Rivestimento definitivo

Calcestruzzo	
Classe di resistenza	<i>C 30/37</i>
Resistenza a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck}/1,5 = 17 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22\,000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 32837 \text{ MPa}$

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 67 di 106

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 (NTC 2018)	$\sigma_{lim} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$

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 ($\phi 30$ 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.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 68 di 106

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	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	0,45	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	C25/30	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 $D_{appor} > 20\text{mm}$; per D_{appor} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{appor} 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.

Figura 34: estratto prospetto 5 UNI11104-2016

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 (Figura 34).

Per il Camerone è stato impiegato un calcestruzzo C30/37 e dunque pari a C_{min} per le condizioni di ambiente aggressivo. Con riferimento alla circolare delle NTC2018 al paragrafo C.4.1.6.1.3, si perviene dunque al calcolo del copriferro di progetto:

$$C_{nom} = \text{Max}(30;30) + 10 = 40\text{mm}$$

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 69 di 106

7.5 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 7 sono riepilogate le analisi eseguite:

Tabella 7 : sezioni di analisi della fase di terapia

Analisi	Sezione	P.K.	Formazione	Descrizione analisi	Copertura (m da calotta)
1	Camerone	1+506.693	STF2	Massima copertura	110
2	By-pass	1+506.693	STF2	Massima copertura	110

Occorre evidenziare che nella presente relazione sono riportate le verifiche relative al solo presostegno costituito da centine e calcestruzzo proiettato mentre per quanto concerne il rivestimento definitivo in c.a. si rimanda alla seguente relazione di calcolo nella quella è stato utilizzato un apposito modello 3D: "Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi – Camerone di uscita TBM" doc. IF3A02EZZRhGN0230002.

7.5.1 Criteri di verifica

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 (software PLAXIS 2D). Le analisi sono state eseguite in condizioni non drenate.

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. 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);

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.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 70 di 106

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.

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 omogenizzazione 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;

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

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 71 di 106

La verifica delle centine a taglio e pressoflessione 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 piani a 15 nodi a cui sono state assegnate le caratteristiche meccaniche di rigidezza del calcestruzzo con un modello costitutivo elastico lineare.

Per ciò che attiene alla verifica dei rivestimenti definitivi, si rimanda ai criteri di verifica contenuti all'interno del documento IF3A02EZZRHGN0230002 - "Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi – Camerone di uscita TBM".

In merito agli effetti indotti dal sisma, si evidenzia che nel progetto in esame, l'area oggetto di analisi, risulta ubicata 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.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 72 di 106

7.5.2 Analisi della stabilità del fronte

Come descritto in precedenza, lo scavo del camerone e del by-pass, avviene in due macrofasi: realizzazione di una sezione a geometria ridotta scavata con gli interventi previsti per la sezione tipo C2p, quest'ultima applicata per lo scavo della galleria di finestra F1, seguita da interventi di consolidamento radiali e scavo in allargo.

Per le analisi e le verifiche di stabilità del fronte di scavo nella prima macrofase realizzativa (scavo sezione tipo C2p) si faccia riferimento a quanto contenuto nella relazione di calcolo uscita di emergenza doc IF3A02EZZCLGN0200001A.

Nelle seconda macrofase realizzativa, lo scavo non viene affrontato in avanzamento ma in allargo. In tale circostanza non si è in presenza di un vero fronte di scavo. Non ha quindi significato considerare le verifiche di stabilità del fronte che vengono quindi omesse.

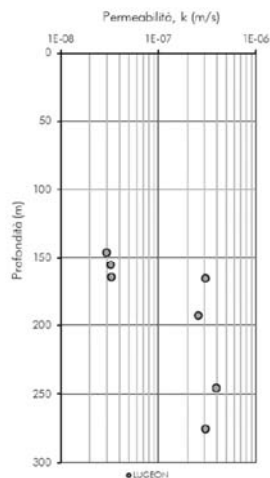
7.5.3 Interazione terreno – struttura

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 35.



Prova	Sondaggio	Profondità da p.c.	k
(-)	(-)	(m)	(m/s)
Lugeon	IF16G12	146.3	3.0E-08
Lugeon	IF16G12	155.5	3.2E-08
Lugeon	IF16G12	164.5	3.3E-08
Lugeon	IF61-G26b	165.5	3.1E-07
Lugeon	IF61-G26b	192.5	2.6E-07
Lugeon	IF61G32	245.5	3.9E-07
Lugeon	IF61G32	275.5	3.1E-07

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 73 di 106

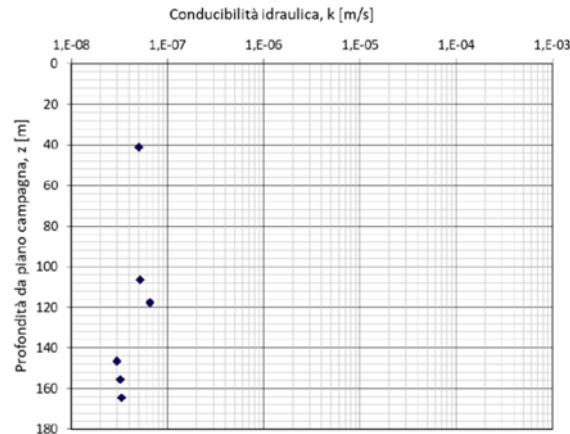


Figura 35 : Coefficiente di permeabilità k da prove Lugeon.

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_f , 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;

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 74 di 106

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.

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 36). 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 37).

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 priverestimeneto 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 75 di 106

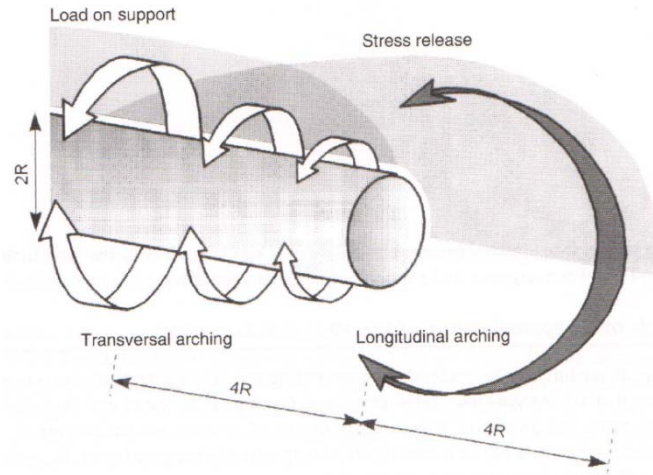


Figura 36 : Schema illustrativo della variazione dello stato tensionale al contorno del cavo, tipicamente tridimensionale in corrispondenza del fronte di scavo.

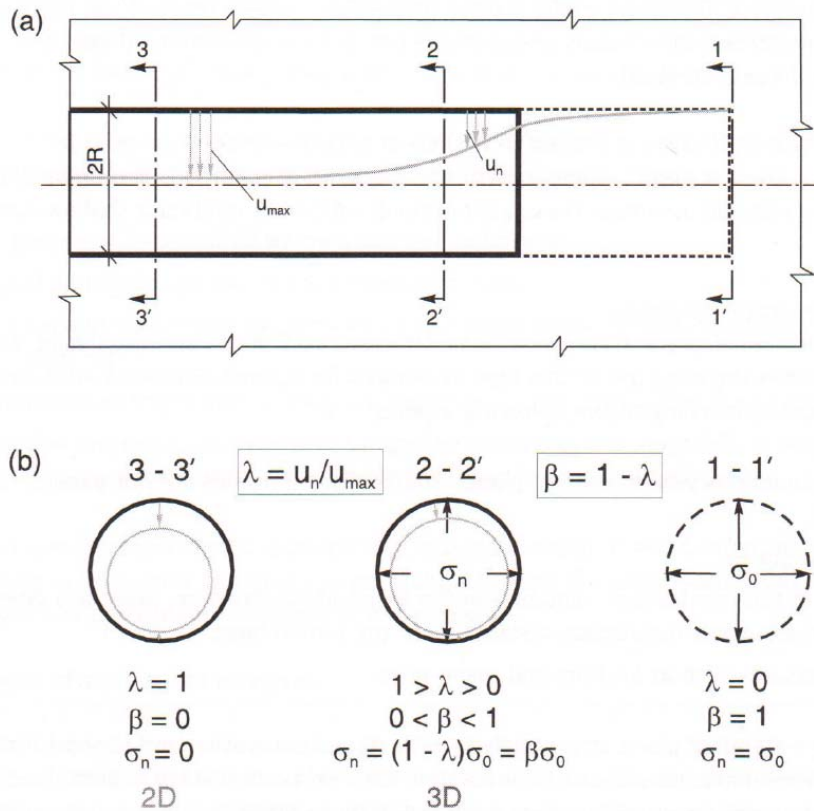


Figura 37 : (a) Andamento della convergenza di una galleria in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo, (b) significato del valore di λ per un approccio bidimensionale (analisi 2D).

APPALTATORE: <u>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 76 di 106

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 38):

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

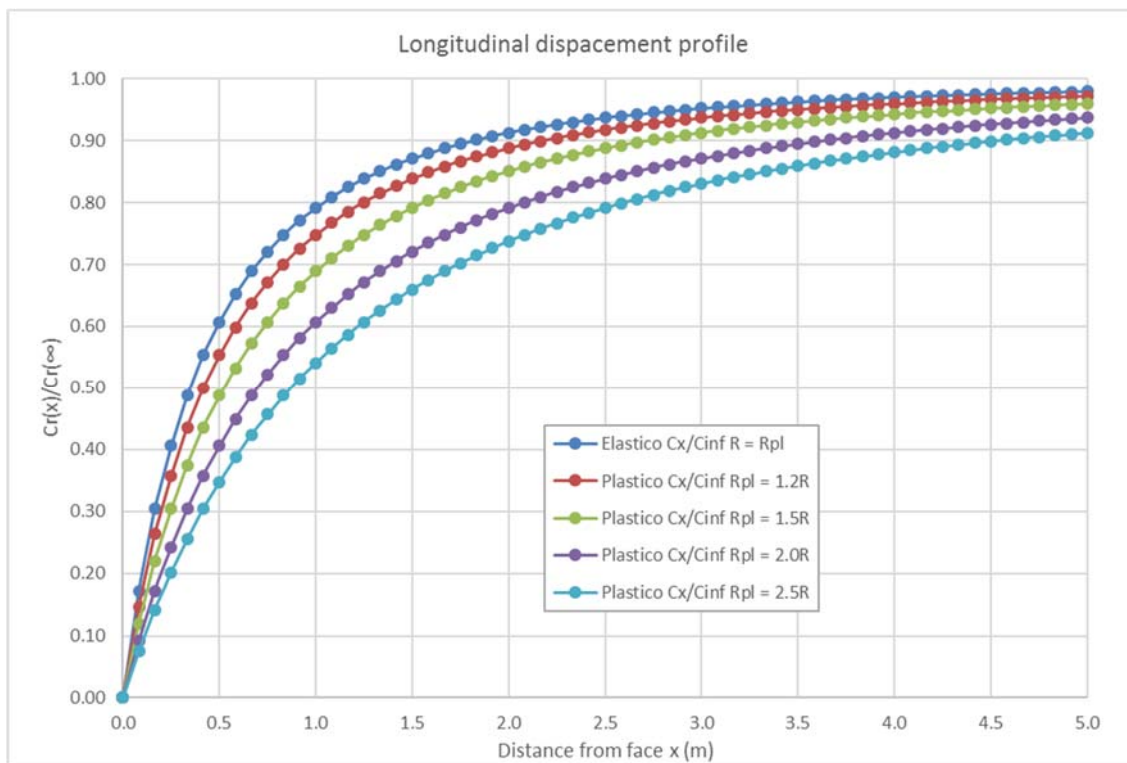


Figura 38 : Profilo di spostamento longitudinale normalizzato secondo l'approccio di Panet.

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 39 e Figura 40.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 77 di 106

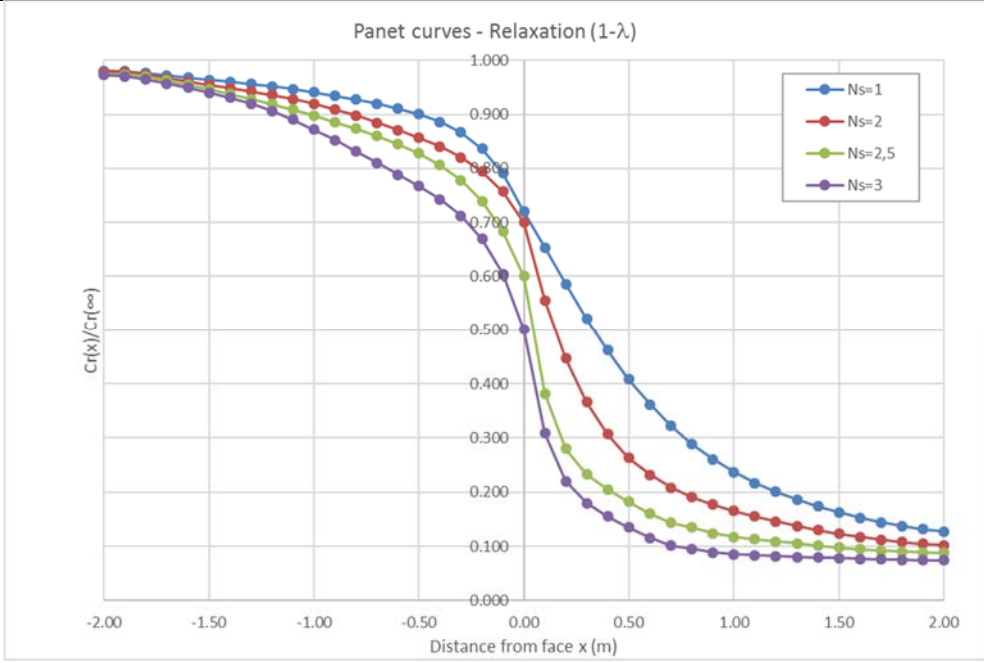


Figura 39 : Curve di rilassamento normalizzate in funzione del numero di stabilità secondo l'approccio di Panet.

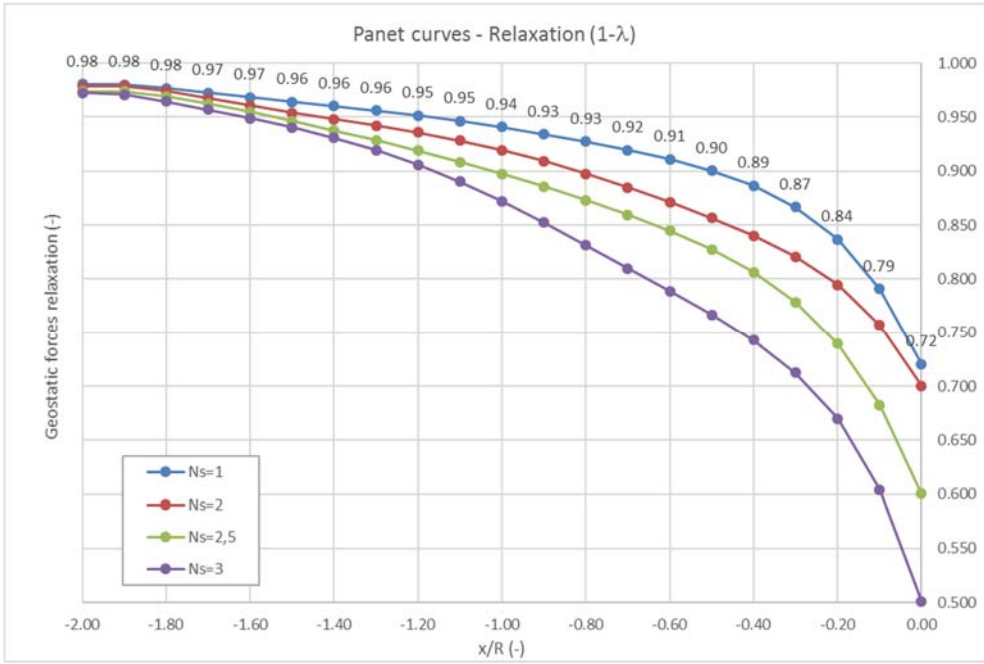


Figura 40 : Curve di rilassamento normalizzate in funzione del numero di stabilità secondo l'approccio di Panet (ingrandimento della precedente Figura).

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D FOGLIO 78 di 106

7.5.4 Valutazione dei tassi di rilascio ad alte coperture per via numerica

Sulla base di quanto illustrato nel precedente paragrafo, i valori del tasso di deconfinamento utilizzati nelle analisi bidimensionali eseguite sono di seguito riepilogati:

- Apertura del cavo: tasso di rilascio = 0,70;
- Posa del rivestimento di prima fase: 0,73;
- Aging di 12h dello spritz-beton (del rivestimento di prima fase): 0,73;
- Aging di 2 gg dello spritz-beton: 0,80;
- A partire da un aging di 10 gg: rilascio = 0,98;
- Fronte avanzato di 28 m rispetto alla sezione di analisi: rilascio = 1,0.

Tali analisi forniranno indicazioni sulle tensioni, le deformazioni, le plasticizzazioni al contorno e le sollecitazioni sulle strutture la cui ammissibilità verrà verificata mediante apposite verifiche.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 79 di 106

7.5.5 Analisi n. 1 Sezione Camerone – (Pk. 1+506.693) – copertura = 110 m

Interazione opera-terreno

Si riporta nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento del camerone alla Pk 1+506.693 con copertura massima di 110 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 41).

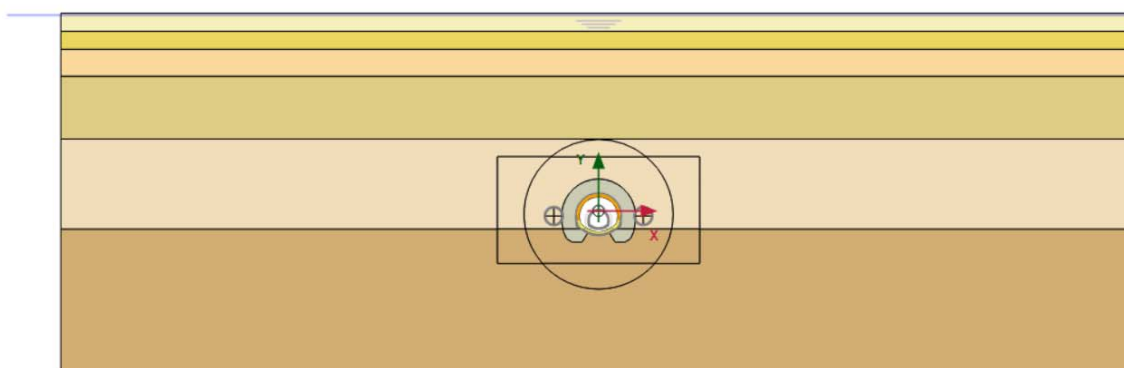


Figura 41 : Modello geotecnico della sezione camerone

La Tabella 8 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 8 : 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 80 di 106

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 tenso-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 200 m; 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.

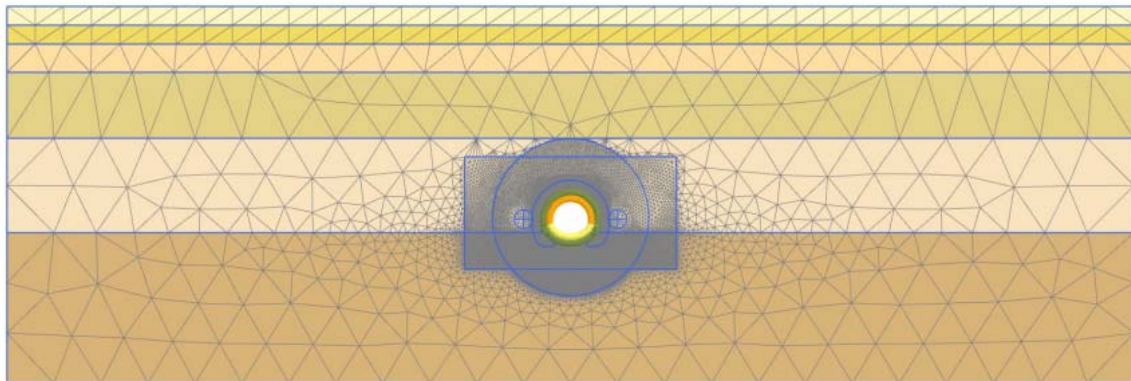


Figura 42 : Modello di calcolo, sezione camerone - Geometria mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB240 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.

Si precisa che le sollecitazioni riportate nei successivi diagrammi fanno riferimento agli elementi beam dei modelli di calcolo che sono stati modellati con la tecnica del “dummy beam”.

La tecnica consiste nel modellare le strutture accoppiando gli elementi di volume del modello, utilizzati per modellare le strutture, con elementi beam installati all'interno dell'asse delle strutture. Tale tecnica consente di simulare la reale grandezza dell'elemento strutturale ed al tempo stesso di sfruttare la semplicità di lettura delle sollecitazioni utilizzando gli elementi beam. Al fine di non considerare un doppio contributo delle strutture si assegnano agli elementi beam dei valori di modulo elastico ridotti. Nel caso specifico si è considerato un modulo pari a $E/1000$. Ne consegue che le sollecitazioni lette nelle successive figure vanno moltiplicate per 1000 per ricavare le effettive sollecitazioni.

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 9 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,30
Tipologia profilati	HEB 240
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	106
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	940
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	11300

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 81 di 106

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. L'arco rovescio presenta spessore di 1,5 m.

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 già ottenute dall'analisi tridimensionale.

Per la valutazione dei rilasci delle forze di scavo in funzione della distanza dal fronte, nel caso di scavo in tradizionale, si sono utilizzati i risultati ottenuti dell'analisi numerica tridimensionale sviluppata per la sezione tipo C2p e riportata nella specifica relazione di calcolo.

Per ciò che concerne il regime idraulico, 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.

Tabella 10 : Analisi 1 – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello e inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elasto-plastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
1	Pre-convergenza del fronte (galleria C2p)	0,30
2	Apertura del cavo della galleria C2p	0,70
3	Installazione del rivestimento di prima fase della galleria C2p	0,73
4	Maturazione 12h spritz-betòn della galleria C2p	0,73
5	Maturazione 2 giorni spritz-betòn della galleria C2p	0,80
6	Maturazione 10 giorni spritz-betòn della galleria C2p	0,98
7	Maturazione 28 giorni spritz-betòn della galleria C2p	1,00
8	Pre-convergenza del fronte (allargo per camerone)	0,30
9	Primo sfondo relativo all'allargo del cavo per il camerone	0,7
10	Installazione del rivestimento di prima fase dell'allargo camerone	0,73
11	Maturazione 12h spritz-betòn della galleria camerone	0,73
12	Maturazione 2 giorni spritz-betòn della galleria camerone	0,80
13	Maturazione 10 giorni spritz-betòn della galleria camerone	0,98
14	Maturazione 28 giorni spritz-betòn della galleria camerone	1,00
15	Getto arco rovescio e murette	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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 82 di 106
16	Getto calotta					1,00	
17	Lungo termine					1,00	
18	Consolidazione					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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 83 di 106

Analisi e commento dei risultati

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

FASE 1

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria C2p, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 10 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 15.9 mm in calotta e 13.4 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 18.5 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione al contorno del profilo di scavo, marcatamente in corrispondenza dei piedritti (d'ordine metrico).

FASE 2

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria C2p. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 37.9 mm in calotta e 28.9 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 49 mm. In questa fase, si assiste a un incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 3

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio della galleria C2p, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 40 mm mentre in arco rovescio è di circa 30 mm. Lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 52.7 mm come valore massimo. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 4

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase della galleria C2p considerando un modulo elastico equivalente ad una maturazione dello spritz-beton di 12h. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 41.35 mm mentre in arco rovescio è di circa 31.08 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 53.07 mm. In questa fase, si assiste a una riduzione dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente, specialmente in arco rovescio.

FASE 5

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto tenendo conto di una maturazione dello spritz-beton di 2 giorni. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 41.85 mm mentre in arco rovescio è di circa 31.67 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 53.47 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 6

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p 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 42.8 mm mentre in arco rovescio è di circa 33.14 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 54.09 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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D FOGLIO 84 di 106

FASE 7

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p 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). 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 8

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria camerone. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 104.9 mm in calotta e 64.2 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 91.8 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione al contorno del profilo di scavo, marcatamente in corrispondenza dei piedritti e delle reni (d'ordine metrico).

FASE 9

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria camerone. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 206.8 mm in calotta e 53 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 151.1 mm. In questa fase, si assiste a un incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente (d'ordine metrico).

FASE 10

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio della galleria camerone, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 288.5 mm mentre in arco rovescio è di circa 57.5, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 206 mm come valore massimo. In questa fase, si assiste a un leggero incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 11

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase della galleria camerone considerando un modulo elastico equivalente ad una maturazione dello spritz-beton di 12h. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 290.3 mm mentre in arco rovescio è di circa 57.8 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 207.1 mm. In questa fase, si assiste a una debole riduzione dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 12

Al rivestimento di prima fase della galleria camerone viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto tenendo conto di una maturazione dello spritz-beton di 2 giorni. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 290.5 mm mentre in arco rovescio è di circa 58.1 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 207.5 mm. In questa fase, si assiste a una debole riduzione 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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D FOGLIO 85 di 106

FASE 13

Al rivestimento di prima fase della galleria camerone 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 292 mm mentre in arco rovescio è di circa 59 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 208.1 mm. In questa fase, si assiste a una debole riduzione dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 14

Al rivestimento di prima fase della galleria camerone 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: in generale, questa risulta più marcata in corrispondenza delle reni e dell'arco rovescio.

FASE 15

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette della galleria camerone. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100%.

FASE 16

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.

FASE 17

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio.

FASE 18

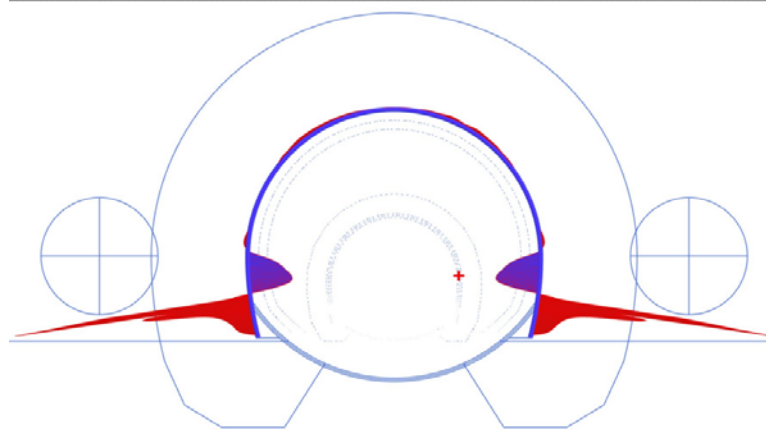
In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 86 di 106

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. §7.5.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase n. 14 (più critica) della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:



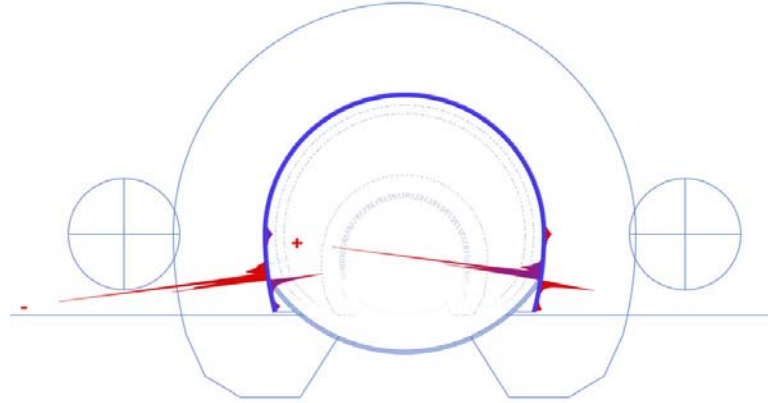
Bending moments M (logarithmically scaled up 500 times)

Maximum value = 0,01734 kN m/m (Element 140 at Node 239116)

Minimum value = -0,09782 kN m/m (Element 171 at Node 236421)

Figura 43 : Andamento Momento flettente nella centina (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 87 di 106

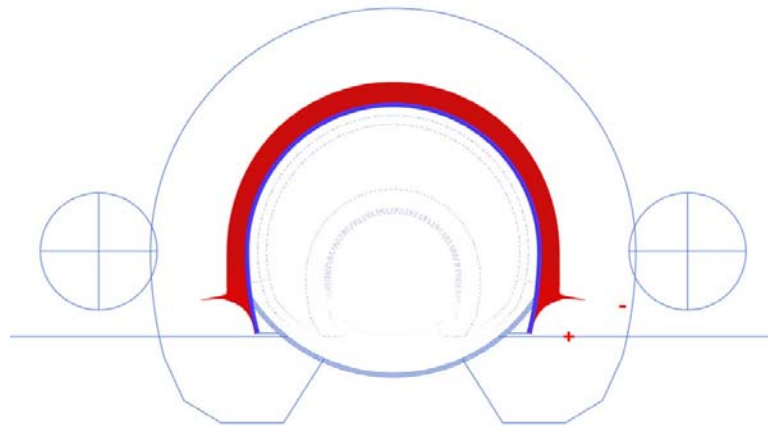


Shear forces Q (logarithmically scaled up 100 times)

Maximum value = 0,5417 kN/m (Element 171 at Node 236431)

Minimum value = -0,5400 kN/m (Element 173 at Node 286888)

Figura 44 : Andamento taglio centina (fase 14)



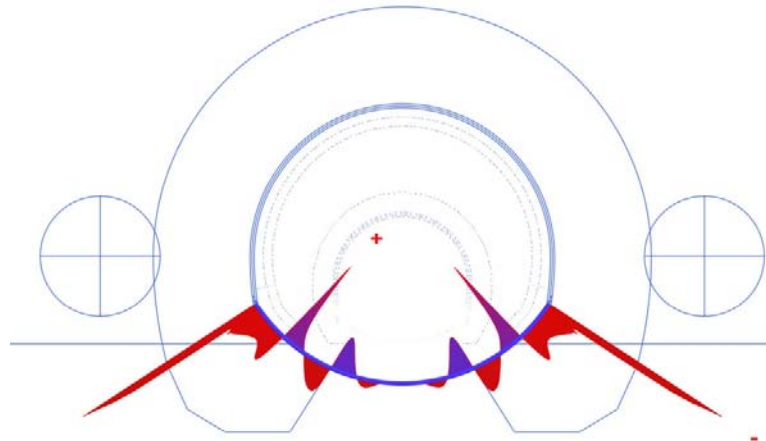
Axial forces N (scaled up 1,25 times)

Maximum value = -0,1339 kN/m (Element 203 at Node 243534)

Minimum value = -3,322 kN/m (Element 171 at Node 236431)

Figura 45 : Andamento sforzo normale centina (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 88 di 106

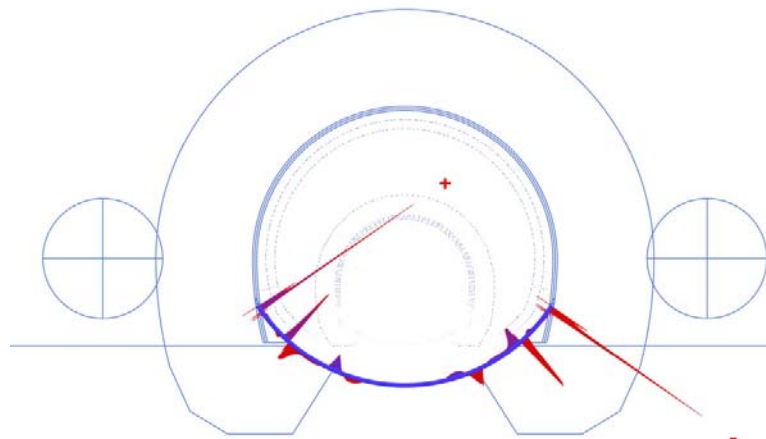


Bending moments M (scaled up 250 times)

Maximum value = 0,03228 kN m/m (Element 235 at Node 296642)

Minimum value = -0,06831 kN m/m (Element 175 at Node 236421)

Figura 46 : Andamento Momento flettente nel puntone (fase 14)



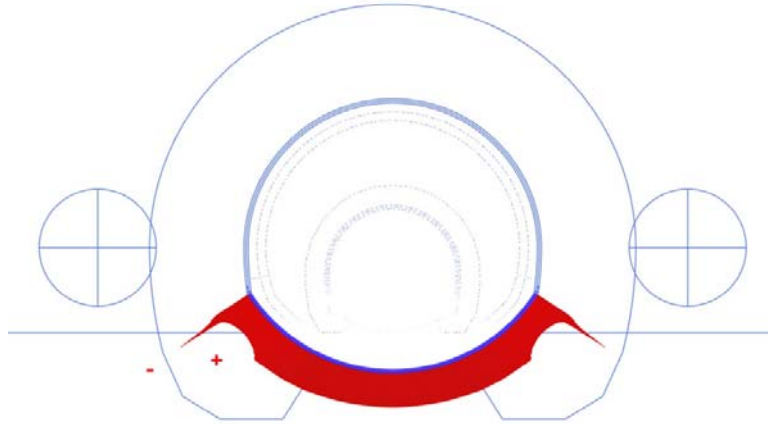
Shear forces Q (logarithmically scaled up 100 times)

Maximum value = 0,4252 kN/m (Element 226 at Node 289146)

Minimum value = -0,4249 kN/m (Element 225 at Node 237252)

Figura 47 : Andamento taglio puntone (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM				
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 89 di 106



Axial forces N (scaled up 2,50 times)

Maximum value = -0,9675 kN/m (Element 231 at Node 292770)

Minimum value = -2,957 kN/m (Element 176 at Node 286957)

Figura 48 : Andamento sforzo normale puntone (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 90 di 106

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

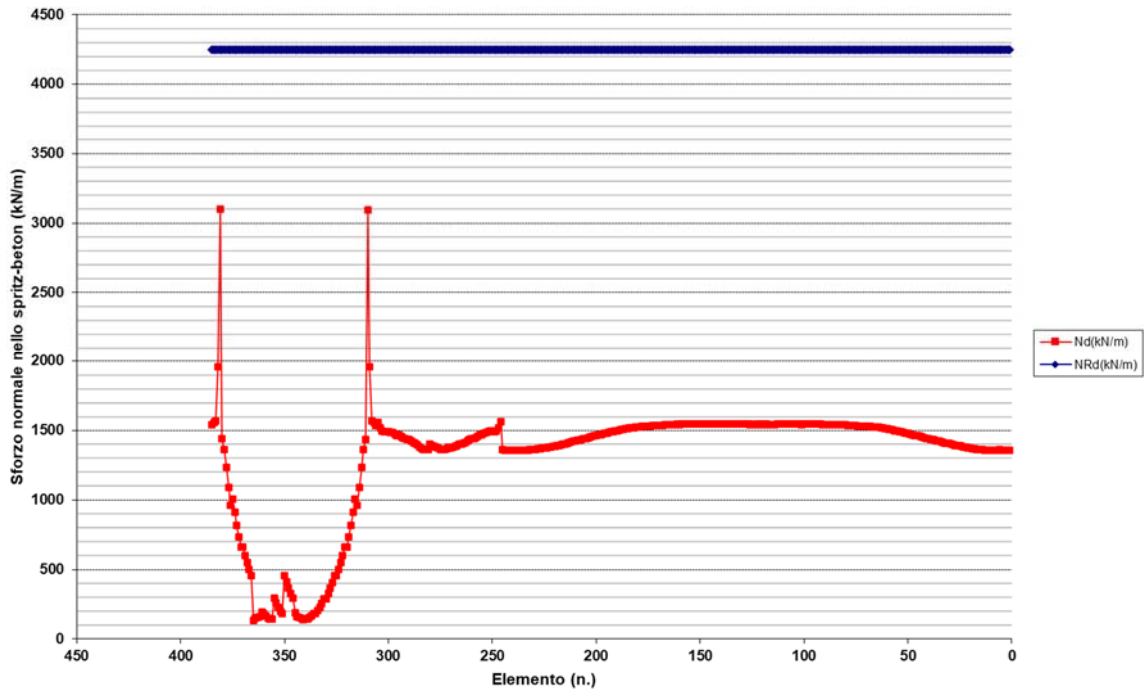


Figura 49 : Verifica SLU sforzo normale spritz-beton da 30 cm (centina) (fase 14)

Verifica centina

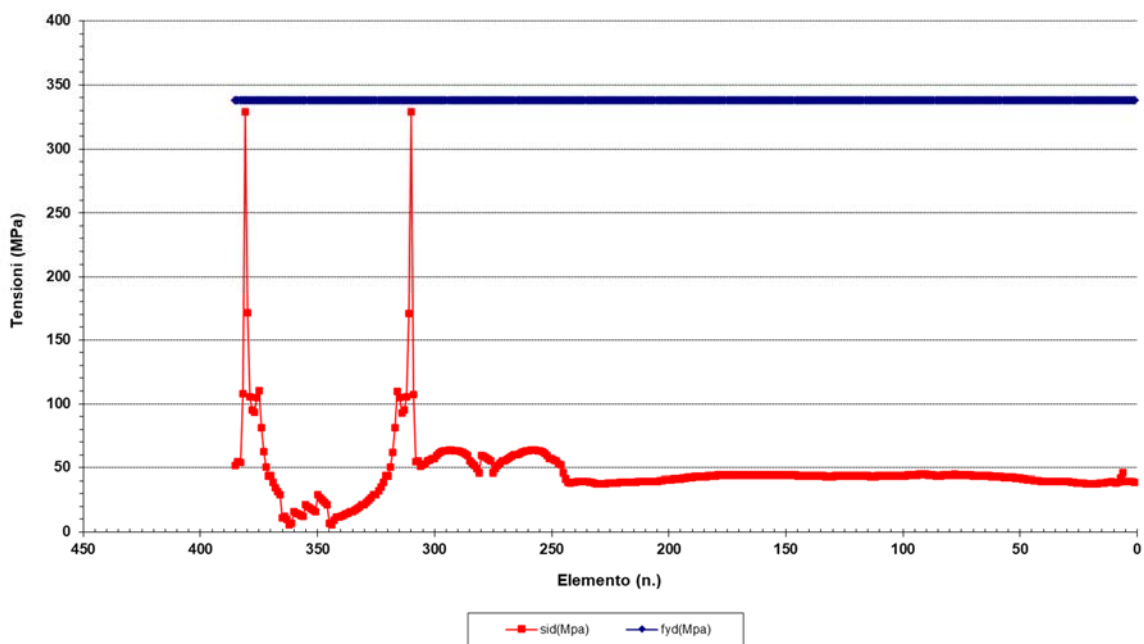


Figura 50: Verifica SLU Tensioni centina HEB240 (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 91 di 106

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

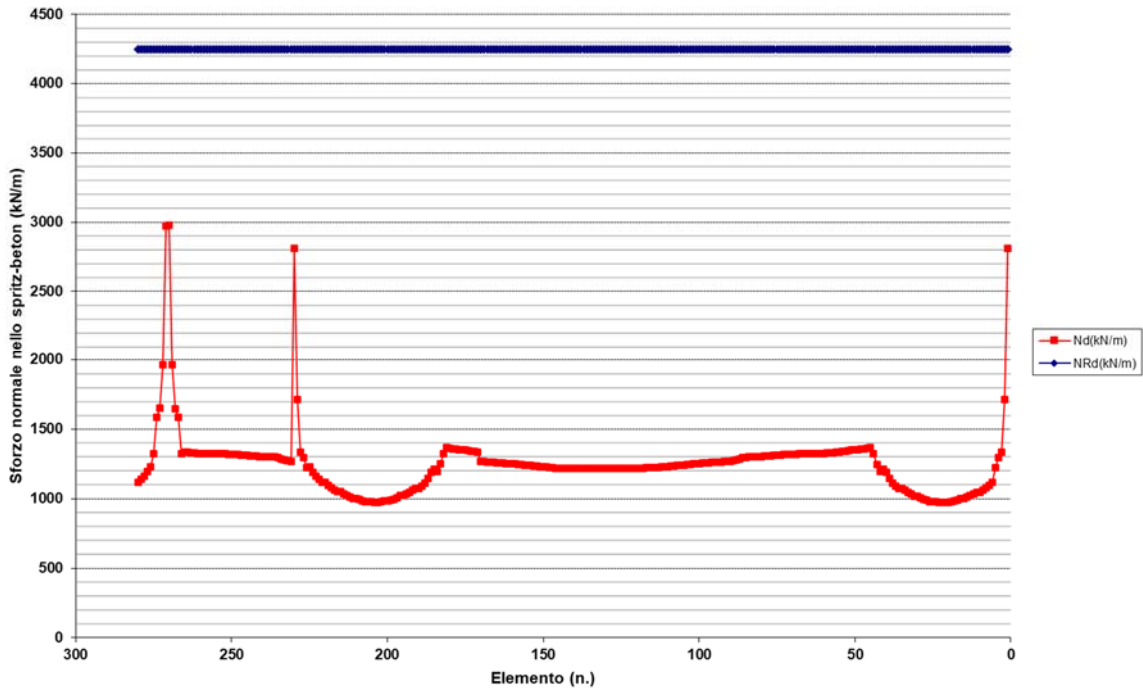


Figura 51 : Verifica SLU sforzo normale spritz-betòn da 30 cm (puntone) (fase 14)

Verifica centina

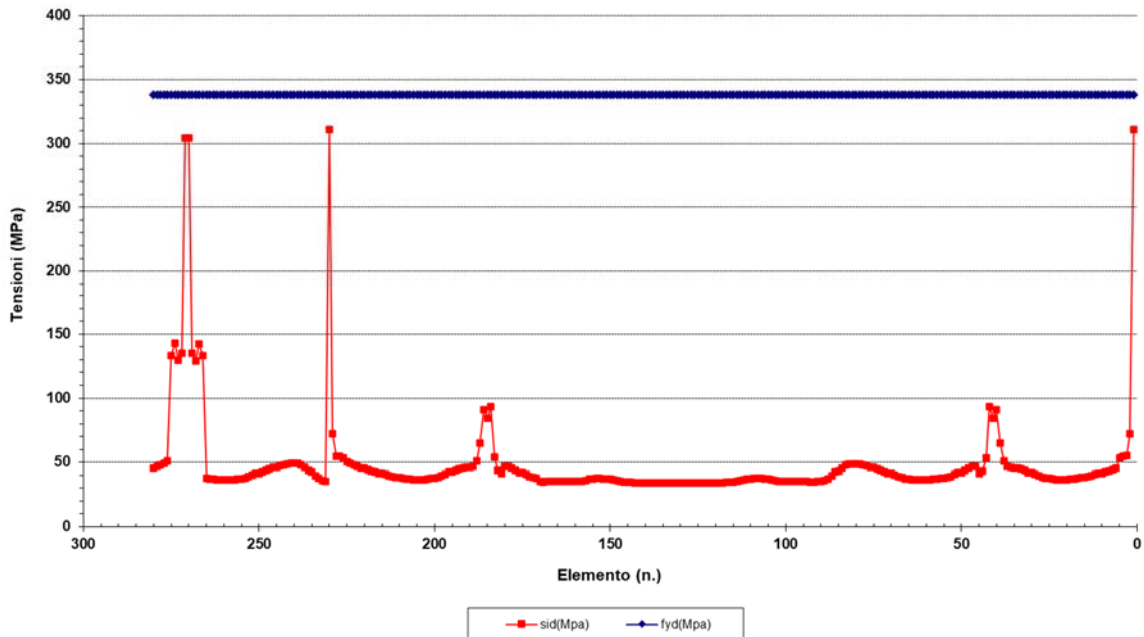


Figura 52: Verifica SLU Tensioni centina HEB240 (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 92 di 106

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

Per ciò che attiene alla verifica dei rivestimenti definitivi, si rimanda al documento IF3A02EZZRHGN0230002 - "Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi – Camerone di uscita TBM".

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 93 di 106

7.5.6 Analisi n. 2 Sezione by-pass– (Pk. 1+506.693) –copertura = 110 m

Interazione opera-terreno

Si riportano nel seguito l'analisi numerica e le verifiche strutturali per il dimensionamento della sezione by-pass alla Pk 1+506.693 e una copertura massima di 110 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 53).

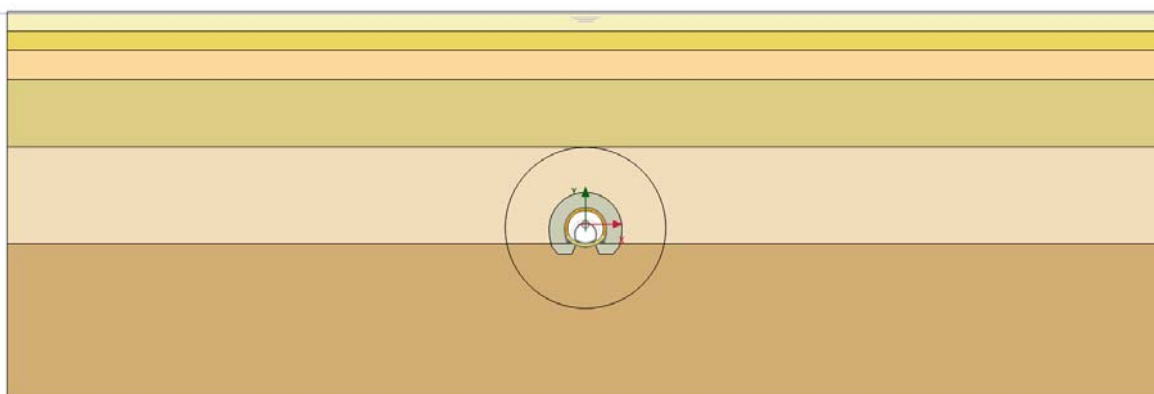


Figura 53 : Modello geotecnico della sezione by-pass

La Tabella 8 riassume i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per l'analisi numerica.

Tabella 11 : 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: Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PIZZAROTTI						
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER	PINI	GCF			
M-INGEGNERIA						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 94 di 106

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 200 m; 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.

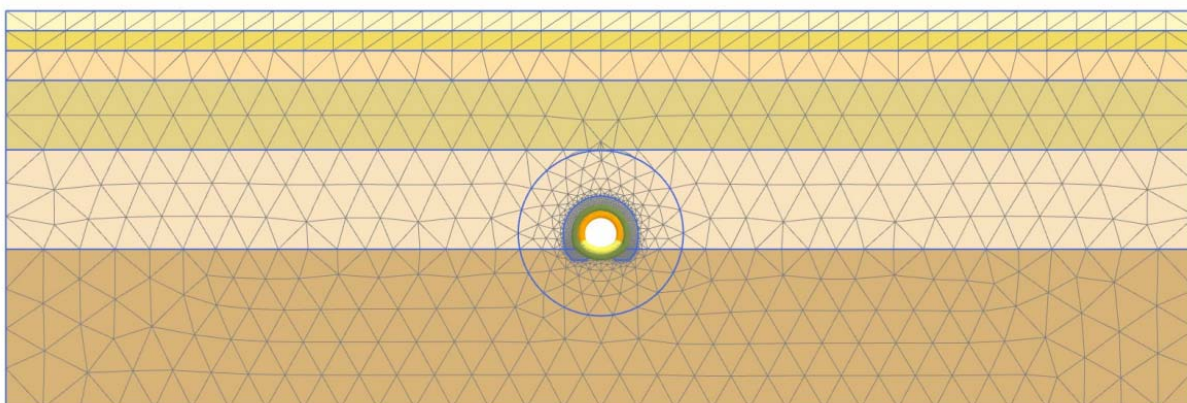


Figura 54 : Modello di calcolo, sezione by-pass - Geometria mesh

Sia il rivestimento di prima fase, costituito da centine HEB200 e spritz-betòn di spessore 30 cm, sia quello definitivo sono stati modellati come elementi di volume, aventi modello costitutivo elastico lineare.

Si precisa che le sollecitazioni riportate nei successivi diagrammi fanno riferimento agli elementi beam dei modelli di calcolo che sono stati modellati con la tecnica del "dummy beam".

La tecnica consiste nel modellare le strutture accoppiando gli elementi di volume del modello, utilizzati per modellare le strutture, con elementi beam installati all'interno dell'asse delle strutture. Tale tecnica consente di simulare la reale grandezza dell'elemento strutturale ed al tempo stesso di sfruttare la semplicità di lettura delle sollecitazioni utilizzando gli elementi beam. Al fine di non considerare un doppio contributo delle strutture si assegnano agli elementi beam dei valori di modulo elastico ridotti. Nel caso specifico si è considerato un modulo pari a $E/1000$. Ne consegue che le sollecitazioni lette nelle successive figure vanno moltiplicate per 1000 per ricavare le effettive sollecitazioni.

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 12 : Caratteristiche del rivestimento provvisorio

Caratteristiche del rivestimento provvisorio	
Caratteristiche	Spritz beton/Centine
Spessore dello spritz beton [m]	0,30
Tipologia profilati	HEB 200
Interasse longitudinale profilato [m]	1,0
Area resistente della centina A_{cent} [cm ²]	78
Modulo resistente elastico della centina W_{cent} [cm ³]	570
Momento d'inerzia I_{cent} [cm ⁴]	5700

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. FOGLIO D 95 di 106

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 1,3 m. L'arco rovescio presenta spessore di 1,3 m.

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 già ottenute dall'analisi tridimensionale.

Per ciò che concerne il regime idraulico, 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.

Tabella 13 : Analisi 4, sezione BYPASS – Fasi di calcolo

Fase	Descrizione	Rilascio forze di scavo
0	Creazione della geometria del modello e Inizializzazione dello stato tensionale geostatico in condizioni elasto-plastiche (modello costitutivo di Mohr-Coulomb)	-
1	Pre-convergenza del fronte galleria C2p	0,30
2	Apertura del cavo della galleria C2p	0,70
3	Installazione del rivestimento di prima fase della galleria C2p	0,73
4	Maturazione 12h spritz-betòn della galleria C2p	0,73
5	Maturazione 2 giorni spritz-betòn della galleria C2p	0,80
6	Maturazione 10 giorni spritz-betòn della galleria C2p	0,98
7	Maturazione 28 giorni spritz-betòn della galleria C2p	1,00
8	Pre-convergenza del fronte galleria BYPASS)	0,40
9	Apertura del cavo della galleria BYPASS	0,7
10	Installazione del rivestimento di prima fase della galleria BYPASS	0,73
11	Maturazione 12h spritz-betòn della galleria BYPASS	0,73
12	Maturazione 2 giorni spritz-betòn della galleria BYPASS	0,80
13	Maturazione 10 giorni spritz-betòn della galleria BYPASS	0,98
14	Maturazione 28 giorni spritz-betòn della galleria BYPASS	1,00
15	Getto arco rovescio e murette	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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 96 di 106

16	Getto calotta	1,00
17	Lungo termine	1,00
18	Consolidazione	1,00

Analisi e commento dei risultati

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

FASE 1

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria C2p, in particolare l'arrivo del fronte a una distanza pari a 13.35 m dalla sezione, corrispondente alla lunghezza di sovrapposizione dei VTR. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali in calotta è pari a circa 15.85 mm, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 18.69 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione al contorno del profilo di scavo, marcatamente in corrispondenza dei piedritti (d'ordine metrico).

FASE 2

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria C2p. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa in calotta 37.95 mm e 28.71mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 49.24 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione più importante al contorno del profilo di scavo.

FASE 3

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio della galleria C2p, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 40.83 mm mentre in arco rovescio è di circa 30.51 mm. Lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 52.83 mm come valore massimo. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione più importante al contorno del profilo di scavo.

FASE 4

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase della galleria C2p considerando un modulo elastico equivalente ad una maturazione dello spritz-beton di 12h. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 41.33 mm mentre in arco rovescio è di circa 30.8 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 53.13 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 5

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto tenendo conto di una maturazione dello spritz-beton di 2 giorni. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 41.83 mm mentre in arco rovescio è di circa 31.36 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 53.54 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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 97 di 106

FASE 6

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p 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 42.78 mm mentre in arco rovescio è di circa 32.78 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 54.16 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 7

Al rivestimento di prima fase della galleria C2p 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: in generale, questa risulta più marcata in corrispondenza delle reni e dell'arco rovescio. 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 8

Viene simulata la fase di pre-convergenza della galleria di by-pass. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 87.36 mm in calotta e 70.97 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali massimi in piedritto sono pari a circa 83.69 mm. In questa fase si osservano lievi fenomeni di plasticizzazione al contorno della coronella di terreno consolidato.

FASE 9

Viene simulato il rilascio a cavo libero del fronte della galleria di by-pass. Il campo degli spostamenti mostra spostamenti verticali pari a circa 154.9 mm in calotta e 94 mm in arco rovescio, mentre gli spostamenti orizzontali in piedritto sono pari a circa 136.2 mm. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione al contorno del profilo di scavo.

FASE 10

Viene simulato il momento di posa del rivestimento provvisorio della galleria di by-pass, che, in questa fase, non è ancora esplicitamente inserito tramite elementi di volume. Lo spostamento verticale in calotta è dell'ordine dei 166.6 mm mentre in arco rovescio è di circa 96.51 mm, mentre lo spostamento orizzontale ai piedritti è pari a circa 144.8 mm come valore massimo. In questa fase si sviluppa una plasticizzazione più importante al contorno del profilo di scavo.

FASE 11

Viene simulata l'installazione del rivestimento di prima fase della galleria di by-pass considerando un modulo elastico equivalente ad una maturazione dello spritz-beton di 12h. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 168.1 mm mentre in arco rovescio è di circa 98.7 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 145.6 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>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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 98 di 106

FASE 12

Al rivestimento di prima fase della galleria di by-pass viene attribuito un modulo elastico equivalente ridotto tenendo conto di una maturazione dello spritz-beton di 2 giorni. Lo spostamento verticale cumulato in calotta è dell'ordine dei 168.4 mm mentre in arco rovescio è di circa 99.29 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 146 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 13

Al rivestimento di prima fase della galleria di by-pass 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 168.3 mm mentre in arco rovescio è di circa 101.2 mm. Lo spostamento orizzontale in piedritto è pari a 147.1 mm. In questa fase, si assiste a un debole incremento dell'estensione della plasticizzazione rispetto alla fase precedente.

FASE 14

Al rivestimento di prima fase della galleria di by-pass 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). 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 15

Viene simulato il getto dell'arco rovescio e delle murette della galleria di by-pass. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente, avendo il terreno raggiunto un tasso di rilascio pari al 100%.

FASE 16

Viene simulato il getto della calotta della galleria. Gli spostamenti restano, in generale, simili a quelli registrati in fase precedente. La zona plastica si sviluppa sopra calotta.

FASE 17

Viene simulato il comportamento di lungo termine, in cui viene disattivato il rivestimento provvisorio.

FASE 18

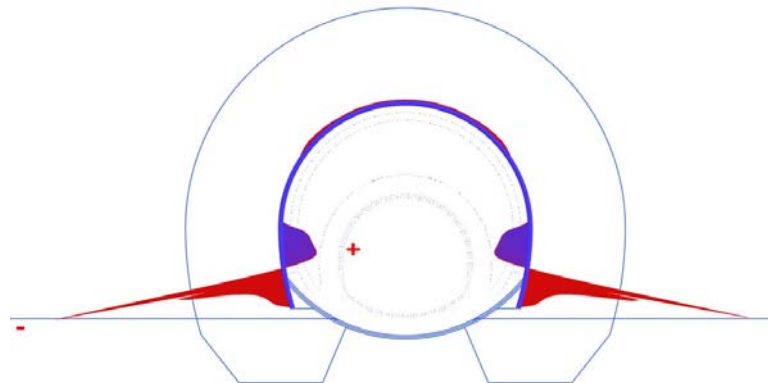
In questa fase viene simulato il fenomeno della consolidazione dell'ammasso con conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre.

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 99 di 106

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. §7.5.1).

Le verifiche sul rivestimento provvisorio riguardano la fase n. 14 (più critica) della simulazione, si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni ottenute dall'analisi d'interazione terreno-struttura svolta con riferimento ai parametri caratteristici:



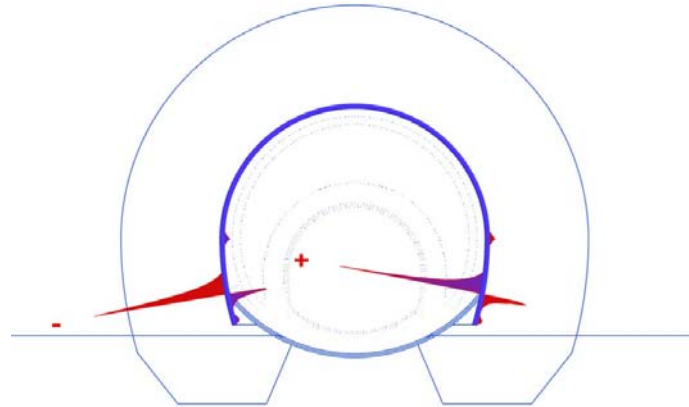
Bending moments M (scaled up 250 times)

Maximum value = 0,01190 kN m/m (Element 102 at Node 41446)

Minimum value = -0,07996 kN m/m (Element 105 at Node 40145)

Figura 55 : Andamento Momento flettente centina (fase 14)

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 degli scavi - Camere di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 100 di 106

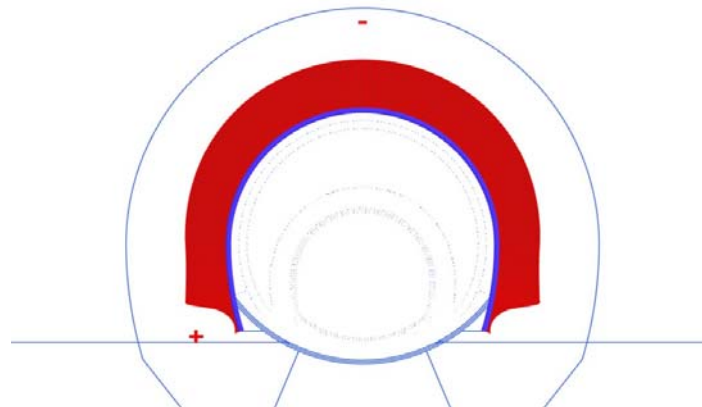


Shear forces Q (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,2347 kN/m (Element 94 at Node 33990)

Minimum value = -0,2178 kN/m (Element 105 at Node 40145)

Figura 56 : Andamento taglio centina (fase 14)



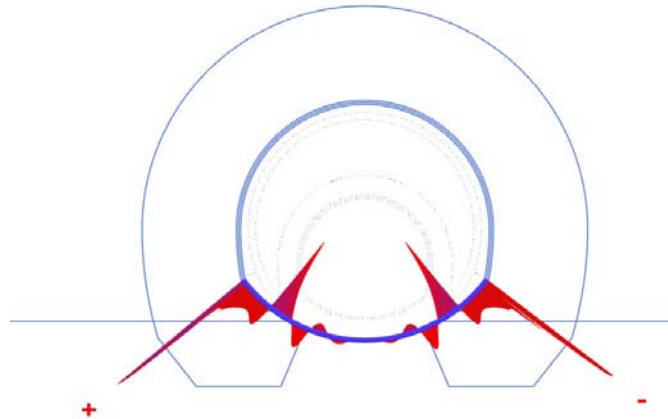
Axial forces N (scaled up 3,13 times)

Maximum value = -0,1254 kN/m (Element 129 at Node 33022)

Minimum value = -1,295 kN/m (Element 18 at Node 39468)

Figura 57 : Andamento sforzo normale centina (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D FOGLIO 101 di 106

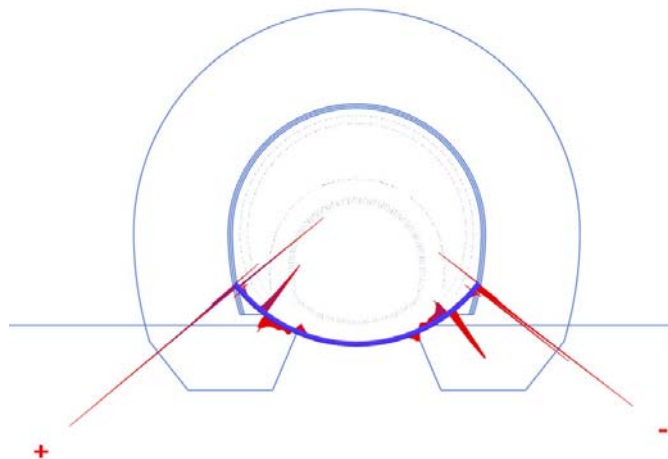


Bending moments M (scaled up 250 times)

Maximum value = 0,05540 kN m/m (Element 113 at Node 40145)

Minimum value = -0,05376 kN m/m (Element 112 at Node 33980)

Figura 58 : Andamento Momento flettente puntone (fase 14)



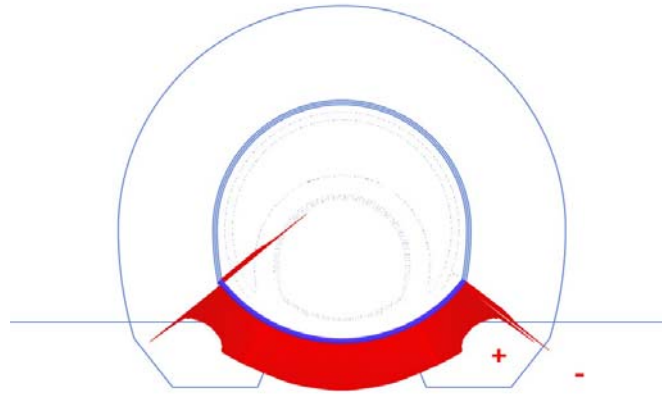
Shear forces Q (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,3699 kN/m (Element 113 at Node 40141)

Minimum value = -0,3342 kN/m (Element 112 at Node 33986)

Figura 59 : Andamento taglio puntone (fase 14)

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 RH</td> <td>GN0230 001</td> <td>D</td> <td>102 di 106</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	102 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	102 di 106												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM																	



Axial forces N (scaled up 3,91 times)

Maximum value = -0,8214 kN/m (Element 166 at Node 36544)

Minimum value = -2,386 kN/m (Element 112 at Node 33986)

Figura 60 : Andamento sforzo normale puntone (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 103 di 106

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

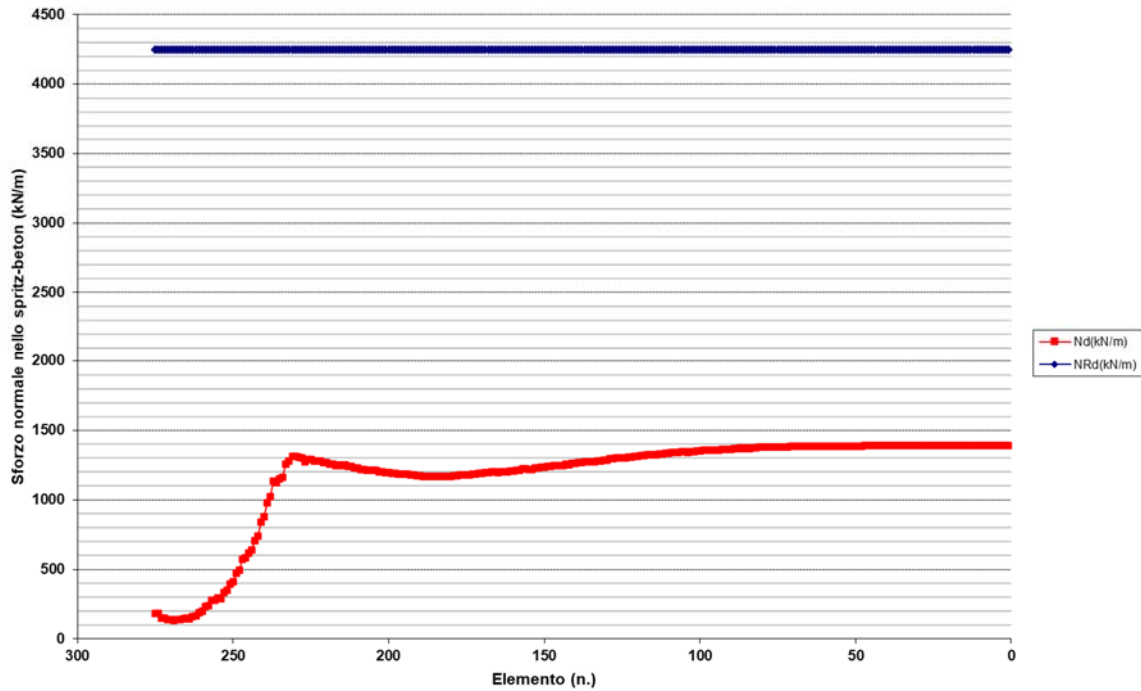


Figura 61 : Verifica SLU sforzo normale spritz-beton da 30 cm (centina) (fase 14)

Verifica centina

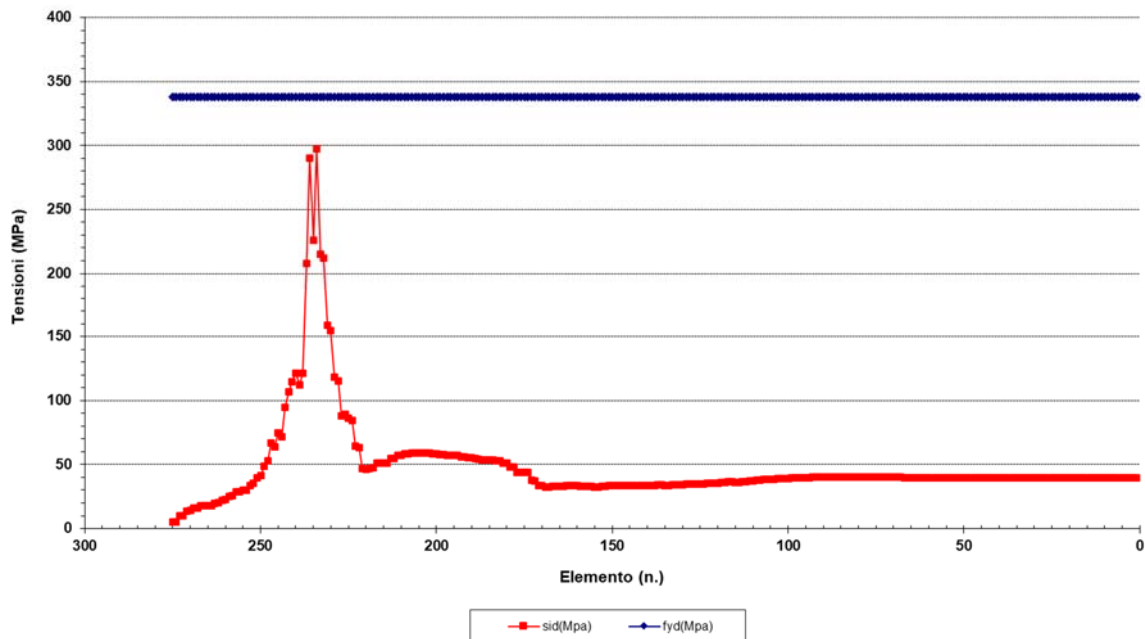


Figura 62: Verifica SLU Tensioni centina HEB200 (fase 14)

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 104 di 106

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

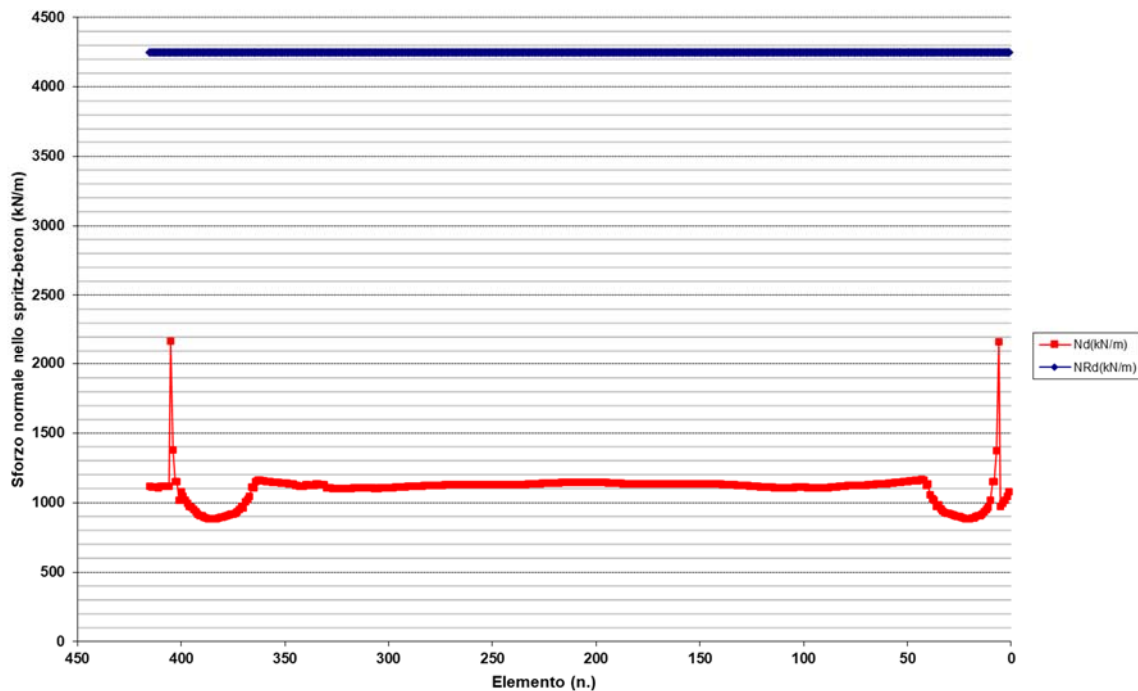


Figura 63 : Verifica SLU sforzo normale spritz-beton da 30 cm (puntone) (fase 14)

Verifica centina

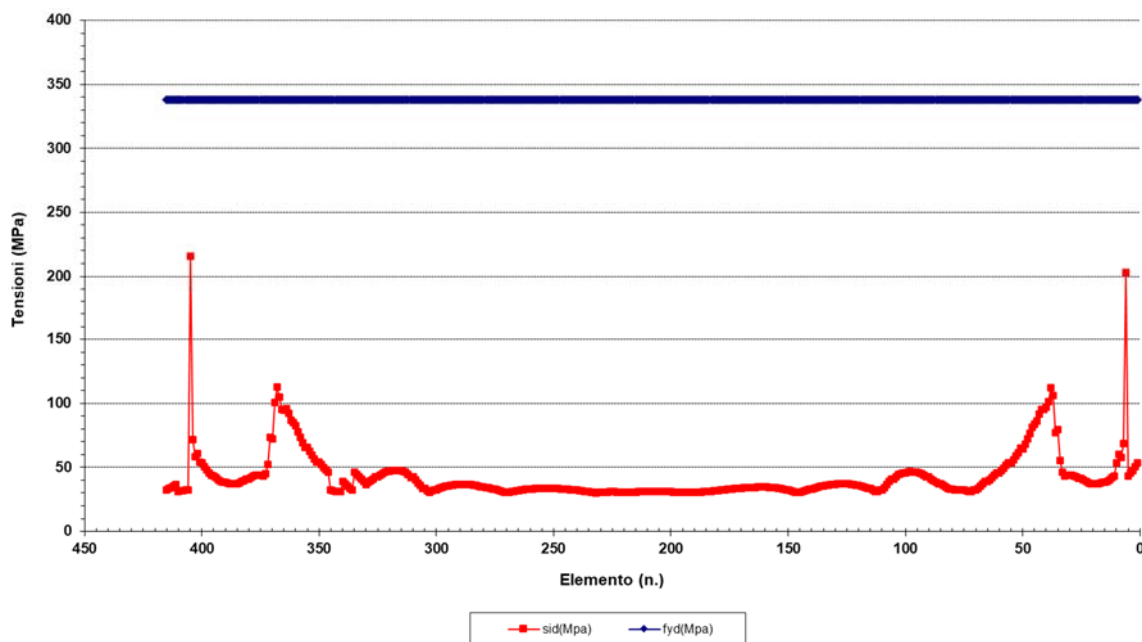


Figura 64: Verifica SLU Tensioni centina HEB200 (fase 14)

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 style="text-align: center;">IF3A</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0230 001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">105 di 106</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	105 di 106
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0230 001	D	105 di 106													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo degli scavi - Camerone di uscita TBM																		

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo

Per ciò che attiene alla verifica dei rivestimenti definitivi, si rimanda al documento IF3A02EZZRHGN0230002 - "Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi – Camerone di uscita TBM".

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 degli scavi - Camerone di uscita TBM	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0230 001	REV. D	FOGLIO 106 di 106

8 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 di uno sfondo sistematico previsto di 1 m;

8.1 STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO

Gli interventi di precontenimento al fronte ed al contorno consentono un avanzamento in categoria C secondo il metodo ADECO-RS.

8.2 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Per quanto concerne i rivestimenti provvisori, si ha:

- per la sezione camerone un rivestimento provvisorio composto da spritz béton di classe C 25/30, spessore 30 cm, con centine di tipo HEB240 (classe acciaio S355) ad interasse = 1 m, in calotta e piedritti.
- per la sezione di by-pass, un rivestimento provvisorio con puntone in arco rovescio composto da spritz béton di classe C 25/30, spessore 30 cm, con centine di tipo HEB200 (classe acciaio S355) ad interasse = 1 m.

8.3 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Per le verifiche relative al rivestimento definitivo si rimanda alla seguente relazione di calcolo di cui alla seguente, in cui è stato utilizzato un apposito modello 3D: "Relazione di calcolo dei rivestimenti definitivi – Camerone di uscita TBM" doc. IF3A02EZZRHGN0230002.