

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

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA

ELABORATI GENERALI

Relazione Scavo Meccanizzato

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 16/01/2023	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. G. Cassani

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

IF3A	02	E	ZZ	RH	GN0100	003	D	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	C 08.00 - Emissione 180gg	M. Mason	08/02/2022	A. Zimbaldi	08/02/2022	M. Gatti	08/02/2022	Ing. G. Cassani 16/01/2023
B	C 08.01 - A valle del contraddittorio	M. Mason	08/06/2022	A. Zimbaldi	08/06/2022	M. Gatti	08/06/2022	
C	C 08.03 - A valle del contraddittorio	M. Mason	30/09/2022	A. Zimbaldi	30/09/2022	M. Gatti	30/09/2022	
D	C08.04 - A valle del contraddittorio	P. Poli	16/01/2023	A. Zimbaldi	16/01/2023	M. Gatti	16/01/2023	

File: IF3A02EZZRHGN0100003D.docx

n. Elab.: -

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 2 di 90

Indice

1	INTRODUZIONE	5
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	7
2.1	SUCCESSIONI GEOLOGICO DELL'AREA DI TRACCIATO	7
2.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LUNGO IL TRACCIATO	10
2.2.1	PROGRESSIVE KM 41+460 E KM 43+700	10
2.2.2	PROGRESSIVE KM 43+700 E KM 46+100	11
2.2.3	PROGRESSIVE KM 46+100 E KM 50+200	12
2.2.4	PROGRESSIVE KM 50+200 E KM 53+700	13
2.2.5	PROGRESSIVE KM 56+100 E KM 56+400	14
2.2.6	PROGRESSIVE KM 56+000 E KM 63+000	15
2.2.7	PROGRESSIVE KM 65+000 E KM 69+000	17
2.3	BREVE QUADRO GEOMORFOLOGICO.....	17
2.4	ASPETTI IDROGEOLOGICI	19
2.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	22
3	ANALISI DEGLI SCENARI GELOGICO-GEOTECNICI DI RISCHIO	23
3.1	POSSIBILE PRESENZA DI GAS.....	23
3.2	PRESENZA CORPI DI FRANA ED INTERFERENZA CON OPERE PREESISTENTI.....	24
3.3	INSTABILITÀ DEL FRONTE E DEL CAVO DELLA GALLERIA.....	24
3.4	FENOMENI DI SQUEEZING E SWELLING	24
3.5	VENUTE D'ACQUA IN GALLERIA ED INTERFERENZE POZZI E SORGENTI.....	25
3.6	CARICO IDRAULICO ELEVATO.....	25
3.7	ACQUE AGGRESSIVE	26
3.8	PRESENZA DI TROVANTI/BLOCCHI.....	26
3.9	PRESENZA DI GESSO	26
4	RIVESTIMENTI IN CONCI PREFABBRICATI	27
4.1	SPECIFICHE TECNICHE	27
4.2	ACCESSORI.....	27
5	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE MACCHINE TBM-EPB	29
5.1	TIPOLOGIA DELLE TBM E SPECIFICHE TECNICHE.....	29
5.2	SPECIFICHE TECNICHE TBM IN AVANZAMENTO DA BARI (TBM POTENZIATA PER IL TRATTO IN VARIANTE)	31

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 3 di 90

5.2.1	MODULAZIONE DEL DIAMETRO DI SCAVO	31
5.2.2	ASPETTI TECNOLOGICI DELLO SCUDO	32
5.2.3	GESTIONE DEGLI EXTRA SCAVO	36
5.2.4	SISTEMA DI SPINTA.....	40
5.2.5	MISURE ATTE AD EVITARE SOSTE PROLUNGATE NELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA FORMAZIONE DEL FLYSCH ROSSO	41
5.2.6	CONTINUOS MINING.....	42
5.2.7	MODALITÀ DI AVANZAMENTO E RIEMPIMENTO A TERGO DEI CONCI.....	43
5.2.8	CONDIZIONAMENTO TERRENI ED UTENSILI	45
5.2.9	DOTAZIONI SPECIALI.....	46
5.2.10	DOTAZIONI PER GLI AVANZAMENTI IN AMBIENTI GRISUTOSI.....	46
5.2.11	QUADRO DI RIEPILOGO.....	47
5.3	SPECIFICHE TECNICHE TBM IN AVANZAMENTO DA NAPOLI	47
6	MODALITA' DI AVANZAMENTO E PARAMETRI OPERATIVI	50
6.1	MODALITÀ DI AVANZAMENTO	50
6.2	PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO.....	51
7	SISTEMI DI CONTROLLO E DI INDAGINE DELL'AVANZAMENTO, MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEI DATI E DELLA LORO CONDIVISIONE	58
8	LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEGLI SCAVI.....	60
8.1	PREMESSA.....	60
8.2	SINTESI DEI PRINCIPALI SCENARI DI RISCHIO	60
8.3	AZIONI PREVISTE PER LA MITIGAZIONE DEI RISCHI.....	61
8.4	PARAMETRI DI CONTROLLO E VALORI DI RIFERIMENTO	63
8.5	LINEE GUIDA PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE DI SCAVO	65
8.6	GRUPPO DI LAVORO E FIGURE CHIAVE	67
8.7	RISCHI RESIDUI ED AZIONI DI MITIGAZIONE	68
9	LINEE GUIDA PER LA POSA DEI RIVESTIMENTI IN CONCI.....	70
9.1	PREMESSA.....	70
9.2	PROCEDURA DI POSA IN OPERA	70
9.3	CONTROLLI E TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	70
10	FERMI MACCHINA PER INTERVENTI DI MANUTENZIONE.....	72
11	PROCEDURE IN CASO DI VENUTE D'ACQUA ELEVATE	74
11.1	VALUTAZIONE DELLE PORTATE IN FASE DI SCAVO	74
11.2	MODALITÀ OPERATIVE E PROCEDURE DI CONTROLLO.....	74
11.2.1	AVANZAMENTO STANDARD	74
11.2.2	SONDAGGI IN AVANZAMENTO.....	75

APPALTATORE: <u>Consortio</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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 4 di 90

11.2.3	INTERVENTI DI DRENAGGIO E CONSOLIDAMENTO	75
12	CONTROLLO DEI LIVELLI PIEZOMETRICI SUI RIVESTIMENTI DEFINITIVI.....	76
13	ALLEGATO 1 - “CONTINUOS MINING – PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E VANTAGGI OPERATIVI”	81
14	ALLEGATO 2 – GESTIONE TBM E SOVRASCAVI IN GALLERIA.....	88
15	ALLEGATO 3 – SPECIFICHE TECNICHE TBM	89
16	ALLEGATO 4 – DICHIARAZIONE COSTRUTTORE TBM SU PRESSIONE SCUDI.....	90

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGGIO D 5 di 90

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo per il raddoppio della linea ferroviaria Hirpinia - Orsara; tale progetto si inserisce nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma - Napoli – Bari. Nell'ambito di questa tratta è presente la galleria Hirpinia, oggetto della presente relazione.

La galleria verrà realizzata, per la maggior parte, con l'impiego di una TBM scudata che provvederà al montaggio del rivestimento definitivo, realizzato in conci prefabbricati, in immediata successione alle attività di scavo. La tecnologia di scavo adottata (EPB – Earth Pressure Balance) prevede di utilizzare il materiale scavato, messo in pressione all'interno di una camera di scavo posta a tergo della testa fresante, quale sostegno attivo del fronte di scavo. Tale tecnologia consente l'esecuzione degli scavi anche in contesti caratterizzati dalla presenza di ammassi scadenti.

Oggetto della presente relazione è in particolare l'analisi delle specifiche tecniche della fresa, della metodologia di scavo e dei diversi aspetti ad essa legati (criticità e rischi legati all'applicazione di uno scavo con fresa rispetto alla tecnica tradizionale, cantierizzazione, impatti in fase realizzativa). Viene dapprima presentato un breve inquadramento del quadro geologico-geomeccanico.

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.

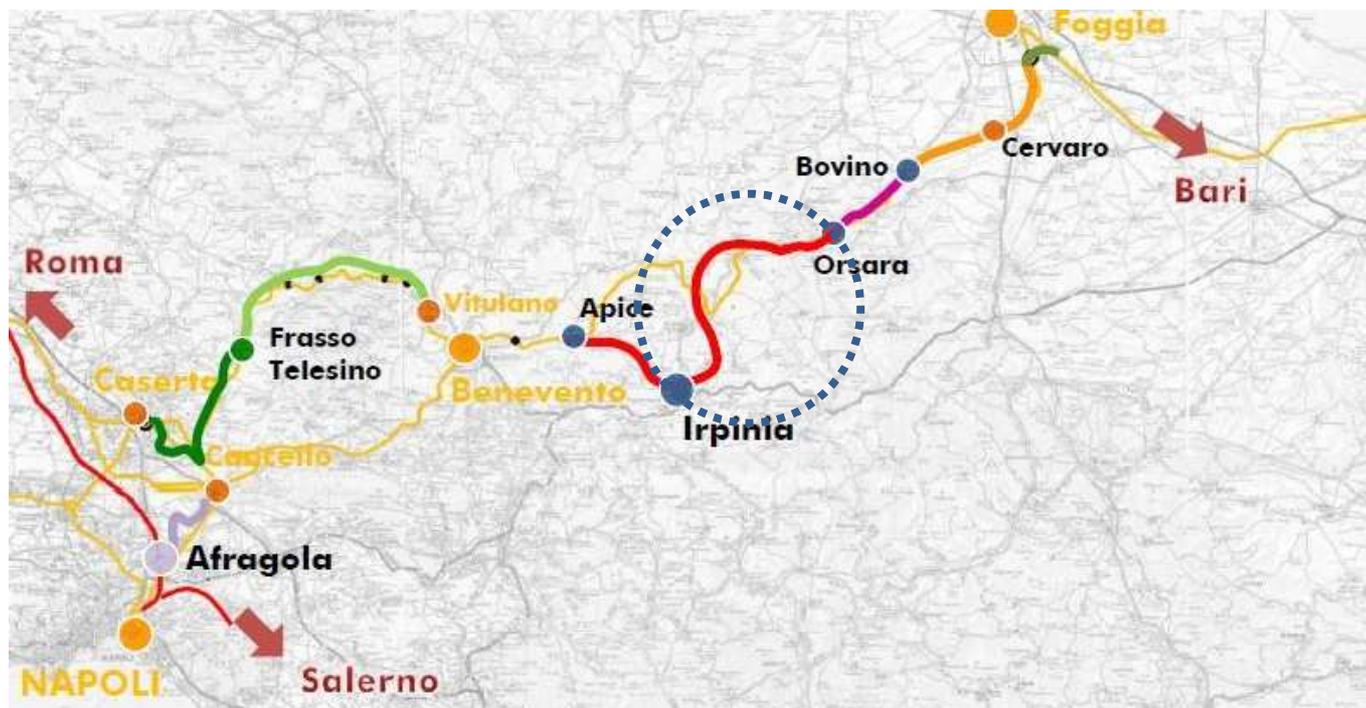


Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 6 di 90

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.

Il tracciato della Bovino – Orsara - Hirpinia è stato progressivato rispetto all'orientamento della Linea Storica partendo da Bovino con la pk 29+050 (fine tratta Cervaro-Bovino) fino ad Orsara con pk 40+889 (imbocco galleria Orsara) dove inizia la tratta oggetto del presente progetto esecutivo che si estende fino ad Hirpinia con pk 68+955.

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=28,06 km.

Il nuovo tracciato ferroviario ha inizio alla pk 40+889.793 (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.

Il corpo ferroviario compreso tra l'inizio del progetto e la pk 41+046.85 è già realizzato nell'ambito degli interventi della tratta Bovino – Orsara, come lo sono anche i piazzali tecnologici Nord e Sud, la SSE e il sottopasso di collegamento tra la viabilità di accesso alla stazione e i piazzali suddetti.

Dal km 41+046.85 dopo un breve tratto in rilevato inizia lo scatolare che si collega direttamente al viadotto VI01 sul torrente Cervaro di L=313.65m.

In questo contesto si colloca anche la nuova Stazione di Orsara (pk 40+074.95).

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 57+195 e 57+605 è stato inserito un luogo sicuro intermedio dotato di marciapiedi FFP di lunghezza L=410 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+953.375 (BP), coincidente con la pk 0+700 della tratta Apice – Hirpinia, in prossimità dei tronchini per l'attestamento dei treni da e per Napoli previsti nella stazione di Hirpinia di 1^a fase.

APPALTATORE: 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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 7 di 90

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

2.1 SUCCESSIONI GEOLOGICO DELL'AREA DI TRACCIATO

La galleria Hirpinia si sviluppa lungo il fronte esterno della catena sud appenninica, nel settore in cui sono presenti diverse unità tettoniche in contatto tra loro per sovrascorrimento e ricoperte da potenti successioni plioceniche. L'assetto tettonico generale è caratterizzato da tipiche strutture a pieghe (anticlinali e sinclinali), da thrust a basso angolo e da faglie trascorrenti, nel complesso legate alle fasi compressive tardo terziarie a cui si sommano le deformazioni da faglie ad alto angolo quaternarie.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state riconosciute e perimetrare le unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico.

Unità della Daunia

All'interno dell'unità della Daunia troviamo:

- **Argilliti policrome del Calaggio** (APC) affiorano localmente nel settore centrale dell'area di intervento, lungo i versanti che bordano il fondovalle del Torrente Cervaro e del Vallone del Confine, indicativamente tra le pk 51 e 56 circa. Si tratta di depositi marini di bacino e base scarpata costituiti da argille, argille marnose e marne di colore grigio-azzurro, verde e rossastro, in strati da molto sottili a sottili, con locali intercalazioni di torbiditi calcaree grigio chiare; a luoghi si rinvengono passaggi di calcilutiti e calcari marnosi di colore grigio, in strati da sottili a medi, ricchi di noduli di pirite e hard ground, in alternanza con marne calcaree silicizzate e selci rosa e violacee; a varie altezze stratigrafiche sono presenti orizzonti lentiformi costituiti da alternanze di calcareniti torbiditiche biancastre, calcareniti glauconitiche verdastre, calcilutiti grigiobiancastre e argille marnose grigie e rossastre; nella parte alta della successione si rinvengono intercalazioni di diatomiti di colore nerastro, fissili, con nuclei sulfurei giallognoli e clasti di gesso cristallino millimetrico. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 170 m ed è riferibile al Tortoniano medio – Messiniano superiore.
- **Flysch di Faeto** (FAE) consiste in depositi marini di bacino e base di scarpata, costituiti da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi di colore grigio e biancastro, in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose grigie e grigio-verdastre; a luoghi si rinvengono passaggi di micro-conglomerati e calciruditi bioclastiche di colore grigio, in strati da medi a spessi; localmente sono presenti orizzonti di brecciole calcaree e porzioni a struttura caotica riferibili a slumps. Poggia con contatto stratigrafico graduale sulla Formazione di Monte Sidone e passa per alternanza, verso l'alto, alle marne argillose del Toppo Capuana. Lo spessore massimo stimato è di circa 700 m, l'età è compresa tra il Burdigaliano superiore (?) e il Messiniano inferiore. L'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ha permesso di differenziare il Flysch del Faeto in diversi membri con caratteristiche litologiche e, di conseguenza, meccaniche diverse ai fini del comportamento allo scavo della galleria: *facies argilloso-marnoso-calcarea (FAE-am)*, caratterizzata da argille grigie e sottili strati calcarenitici e marnosi; *facies marnoso-argilloso-calcarea (FAE-ma)*, costituita da marne e calcari con frequenti intervalli argillosi; *facies calcarea-argillosa (FAE-C)*, costituita prevalentemente da calcari ben stratificati a cui si intercalano sottili strati di argille. La formazione contiene anche banchi di calciruditi e conglomerati.
- **Marne argillose di Toppo Capuana** (TPC) sono depositi marini di bacino, costituiti da argille limose, argille marnose e marne di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da medi a molto spessi, generalmente a laminazione piano-parallela, con locali passaggi di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; a luoghi si rinvengono intercalazioni di arenarie, siltiti e calcilutiti di colore grigio e giallastro, in strati da sottili a medi. Lo spessore massimo è di circa 250 m. L'età è compresa tra il Tortoniano superiore e il Messiniano inferiore.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 8 di 90

- **Evaporiti di Monte Castello** (CTL) affiora in lembi di limitata estensione nel settore centrale della zona di studio, in particolare nella zona compresa tra il torrente Cervaro ed il torrente di Vena ed in corrispondenza della porzione più elevata del rilievo di Monte Castello, che risulta appena al di fuori dell'areale di studio. Si tratta di depositi marini di bacino evaporitico, ed al suo interno comprende una litofacies a composizione calcareo-brecciosa (CTLa) che risulta in parziale eteropia con la parte basale della formazione. Le Evaporiti di Monte Castello (CTL) sono costituite da gessi selenitici macrocristallini di colore grigio chiaro, massivi o in strati molto spessi, in alternanza con marne gessose, gessosiltiti, gessoareniti e gessoruditi grigie e biancastre; a luoghi si rinvengono passaggi di argille grigio-verdastre con intercalazioni di cineriti bianche. Tale formazione presenta uno spessore massimo di circa 230 m ed è riferibile al Messiniano inferiore.

Unità del Fortore

Il gruppo in esame è rappresentato da una singola successione marina meso-cenozoica di bacino e base scarpata, nota in letteratura come **Formazione delle Argille Varicolori** (AVR). Si tratta di depositi marini di bacino e base scarpata costituiti da argille, argille limose e argille marnose di colore grigio e varicolori, caotiche o a struttura scagliosa, con rare ghiaie poligeniche di dimensioni centimetriche e sporadici orizzonti di radiolariti policrome; a luoghi si rinvengono intercalazioni lenticolari di marne calcaree, calcari marnosi e calcilutiti di colore grigio e biancastro, in strati da medi a spessi, e passaggi di biocalciruditi e biocalcareniti biancastre con abbondanti microfaune rimaneggiate. Questa litofacies mostra uno spessore massimo di circa 850 m ed è riferibile al Cretacico superiore – Burdigaliano superiore (?).

Unità di Frigento

È rappresentata dalla formazione del **Flysch Rosso** (FYR). Si tratta di depositi marini di bacino e base scarpata. È costituita da argille, argille marnose e marne di colore rossastro, grigio-azzurro e verdastro, scagliose o sottilmente laminate, con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti rosa e biancastre, talora con noduli e lenti di selce scura e abbondanti resti di nummuliti e alveoline; a luoghi si rinvengono passaggi di radiolariti e argille silicizzate di colore rossastro e grigioverdastro, in strati da molto sottili a sottili. Essa mostra uno spessore massimo di circa 800 m ed è ascrivibile al Cretacico superiore – Burdigaliano superiore.

La litofacies calcareo-clastica (FYRa) è costituita da calcareniti torbiditiche di colore biancastro, in strati da medi a spessi, gradate e laminate, con frequenti passaggi di calcari marnosi bianco-giallastri, calcilutiti grigie e calciruditi con abbondanti resti di nummuliti e alveoline; a luoghi si rinvengono livelli di argille e argille marnose di colore grigio e rossastro, in strati da sottili a medi, e locali passaggi di marne calcaree silicizzate. Essa mostra uno spessore massimo di circa 150 m ed è ascrivibile al Cretacico superiore - Burdigaliano superiore.

Il membro calcareo-marnoso (FYR2) è costituito da calciruditi e calcareniti di colore grigio e biancastro, in strati da medi a spessi, con abbondanti resti di nummuliti e alveoline e locali intercalazioni di argille marnose e marne rossastre e verdastre. Questi litotipi presentano uno spessore massimo di circa 250 m e sono riferibili al Cretacico superiore - Eocene superiore.

Unità sinorogene del Messiniano Superiore

Questa sequenza è composta da un unico gruppo, denominato Gruppo di Altavilla, rappresentato da una successione continentale alto-miocenica di genesi fluvio-lacustre, denominata Formazione del Torrente Fiumarella (TFR), e da una successione marina alto-miocenica di lago-mare, Molasse di Anzano (ANZ).

La **formazione del Torrente Fiumarella** (TFR), è costituita da depositi continentali di lago e piana alluvionale ed al suo interno comprende una litofacies a composizione conglomeratico-arenacea. È costituita da argille limose e argille sabbiose di colore nerastro, grigio-verdastro e marrone, laminate o in strati molto sottili, con diffusi passaggi di sabbie grigie e giallastre, marne sabbiose verdastre e limi detritici scuri con frustoli carboniosi e clasti di gesso; a luoghi si rinvengono livelli di arenarie di colore giallastro, massive o mal-stratificate, e lenti di conglomerati disorganizzati in scarsa matrice sabbiosa; a più altezze stratigrafiche sono presenti passaggi di argille e argille marnose varicolori e nerastre, scagliettate e fortemente caoticizzate. Tali litotipi presentano uno spessore massimo di circa 300 m e sono ascrivibili al Messiniano superiore.

In prossimità della confluenza tra il Torrente Fiumarella e il Vallone Masciano, sono presenti lembi di ridotta estensione della litofacies conglomeratico-arenacea (TFRa), costituita da conglomerati a clasti eterometrici

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 9 di 90

prevalentemente calcareo-marnosi, da sub-arrotondati ad arrotondati, mal-stratificati o in strati molto spessi, in matrice sabbiosa di colore grigio e marrone, da scarsa ad abbondante. Tali litotipi mostrano uno spessore massimo di circa 80 m e sono riferibili al Messiniano superiore.

La **formazione delle Molasse di Anzano (ANZ)** è costituita da due distinti membri a composizione arenaceo-marnosa e conglomeratico-arenacea, tra loro largamente eteropici.

- ◆ Il membro arenaceo-marnoso costituito dal **Membro di Vallone di Fassa (ANZ1)**, costituito da microconglomerati e arenarie quarzoso-feldspatiche di colore grigio e giallastro,
- ◆ Il membro Membro di Vallone di Fassa (ANZ1) costituito da argille limose, argille marnose e marne di colore grigio, in strati da molto sottili a sottili, ricche di sostanza organica e resti vegetali, con frequenti intercalazioni di sabbie e sabbie limose grigie; a luoghi si rinvengono passaggi di arenarie di colore giallo-brunastro, in strati da sottili a medi, con diffuse clay chips verdastre e frequenti impronte di fondo. Questi litotipi mostrano uno spessore massimo di circa 250 m e sono riferibili al Messiniano superiore.

Unità a limiti inconformi del Pliocene

Tale sequenza è composta da una sola unità sedimentaria, il Supersintema di Ariano Irpino, rappresentato da tre successioni marine infra-plioceniche di piattaforma, transizione, spiaggia emersa e laguna, rispettivamente denominate:

- **Formazione della Baronìa:** Tale formazione affiora nel settore centro-meridionale dell'area di studio, in corrispondenza dei rilievi collinari presenti tra il fondovalle del torrente Cervaro e quello del torrente Fiumarella. Si tratta di depositi marini di piattaforma, transizione, spiaggia emersa e laguna. Nella formazione della Baronìa rientra il **Membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2)**, costituito da Si tratta di argille limose e argille limoso-marnose di colore grigio, in strati da molto sottili a sottili, con locali intercalazioni di sabbie limose grigie e rari resti di molluschi; a luoghi si rinvengono passaggi di arenarie e sabbie di colore grigio e giallastro, massive o mal-stratificate, talora a laminazione pianoparallela. Tali litotipi presentano uno spessore massimo di circa 800 m e sono riferibili al Pliocene Inferiore.
- **Formazione di Sferracavallo:** La formazione affiora nel settore centrale dell'area di studio, lungo i rilievi che bordano il fondovalle del Torrente Cervaro. Si tratta di depositi marini di piattaforma, transizione e spiaggia emersa, costituiti da tre distinti membri a composizione arenaceo-sabbiosa, argilloso-sabbiosa e calcarenitico-arenacea. Rientra nella formazione di Sferracavallo i **Peliti di Difesa Grande (STF2)**. Il membro affiora nel settore centrale della zona di interesse progettuale, lungo una fascia a direzione NW-SE estesa tra Camporeale e il Torrente di Vena, approssimativamente tra le pk 56 e 59. Si tratta di argille limose e argille marnose di colore grigio, in strati da molto sottili a sottili, con frequenti intercalazioni di sabbie limose grigie e giallastre e abbondanti resti di molluschi; alla base della successione si rinvengono alternanze di conglomerati, sabbie e limi arrossati di genesi continentale. Il membro in esame mostra uno spessore massimo di circa 500 m ed è ascrivibile al Pliocene medio.
- **Sintema di Bovino.** Il sintema di Bovino (BVN) affiora diffusamente nella porzione nord-orientale della tratta in esame, lungo i rilievi che bordano il fondovalle del Torrente Cervaro. Si tratta di depositi marini di piattaforma e transizione, costituiti da due distinti membri a composizione argilloso-sabbiosa e arenaceo-conglomeratica. Il membro argilloso-sabbioso (BVNb) costituisce gran parte della sequenza stratigrafica, mentre quello arenaceo-conglomeratico (BVNa) risulta intercalato al precedente e in parziale eteropia con lo stesso. Questo sintema mostra uno spessore massimo di circa 250 m ed è riferibile al Pliocene medio. Le **Arenarie e Conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)** sono costituiti da arenarie quarzoso-feldspatiche di colore grigio e giallastro, in strati da medi a molto spessi, in alternanza con conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in strati molto spessi e di forma irregolare, in matrice sabbiosa e calcareo-sabbiosa di colore grigio e giallastro, generalmente scarsa; nella parte bassa della successione si rinvengono conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in strati generalmente molto spessi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, da scarsa ad abbondante. Lo spessore massimo è di circa 100 m. Questa successione è attribuita al Pliocene medio. Le **Argille e Sabbie del Vallone Meridiano (BVNb)** sono costituiti da argille, argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio scuro, in strati da medi a molto spessi, talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di sabbie limose, siltiti e arenarie grigie e

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 10 di 90

giallastre; a luoghi si rinvengono lenti ciottolose a elementi ben arrotondati e strati di marne sabbiose a laminazione piano-parallela; talora sono presenti spessi orizzonti di arenarie e siltiti di colore grigio, in strati da sottili a medi, con diffuse intercalazioni di sabbie e abbondanti resti di molluschi. Lo spessore massimo è di circa 250 m. L'età di tale successione è ascritta al Pliocene Medio.

Depositi continentali quaternari

Questi depositi sono rappresentati da cinque differenti sequenze sedimentarie, quella dei Depositi ubiquitari formati, delle Unità dei bacini dei torrenti minori, delle Unità del bacino del Fiume Calore, del Tavolore della Puglia e quella dei Depositi ubiquitari in formazione, ampiamente affioranti in tutta l'area di studio. I terreni in questione ricoprono in discordanza i diversi termini litologici del substrato e, in generale, risultano caratterizzati da differenti paleosuoli e superfici erosive.

Il profilo geologico evidenzia anche che le numerose frane presenti in superficie non interferiscono con lo scavo della galleria, quasi sempre molto profonda rispetto al piano campagna, fatta eccezione per alcuni settori come alle pk 41+500, 44+800, 60+200, 66 e alla Finestra F5, dove potrebbe essere utile, comunque, approfondire il modello geologico e definire la quota della superficie di scorrimento delle frane.

Per quanto concerne gli imbocchi della galleria Hirpinia, quello orientale deve tener conto della presenza di un corpo detritico che potrebbe essere legato ad un antico corpo di frana il cui stato di attività dovrà essere definito con maggiore dettaglio attraverso uno studio geologico dedicato.

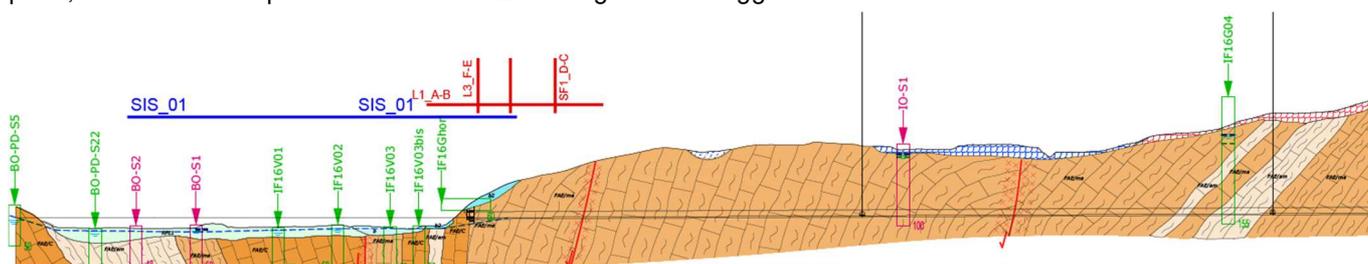
Per approfondimenti sullo studio geologico si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

2.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LUNGO IL TRACCIATO

Di seguito si riporta una sintesi dell'assetto litostratigrafico lungo il tracciato della galleria, riportando alcuni stralci del profilo geologico-geomeccanico di previsione. La successione è stata messa a punto dalla reinterpretazione delle indagini del PD alla luce delle nuove evidenze emerse dallo svolgimento delle indagini eseguite alla data corrente, che costituiscono, al momento, solo una parte di quelle in programma in questa fase progettuale. Non è possibile escludere, quindi, ulteriori revisioni del modello geologico alla fine della campagna di indagini, conseguenti alle nuove risultanze delle stesse.

2.2.1 Progressive KM 41+460 e KM 43+700

In questo primo tratto della galleria, che va dall'imbocco est sino alla progressiva km 43,700 si conferma la presenza di un'ampia anticlinale nel Flysch del Faeto, probabilmente interessata in più punti da sistemi di faglie e relative fasce cataclastiche. Queste non presentano chiare evidenze geologiche e morfologiche a causa della penuria di affioramenti dovuta alla presenza di una estesa copertura detritica colluviale e ad un forte grado di rimaneggiamento dovuto a fenomeni franosi, nonché a causa della folta vegetazione. Sono state distinte diverse facies, che si susseguono lungo la successione del Flysch del Faeto, e sono state rappresentate nel profilo geologico.—In particolare, va evidenziato che il sondaggio IF16G04, che attraversa un ampio intervallo della formazione del Flysch di Faeto, mostra la presenza della facies prettamente marnosa (FAE-ma) con intercalazioni della facies argillosa (FAE-am), sia a metà sondaggio che verso la fine dello stesso, a quota cavo galleria. Entrambe le facies presentano strati inclinati di circa 45°. È probabile che la facies argillosa interessi altri settori del fianco nord-orientale dell'anticlinale come evidenziato dalla presenza di molte frane che, come osservato in più punti, si innescano soprattutto dove la frazione argillosa è maggiormente affiorante.



APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 11 di 90

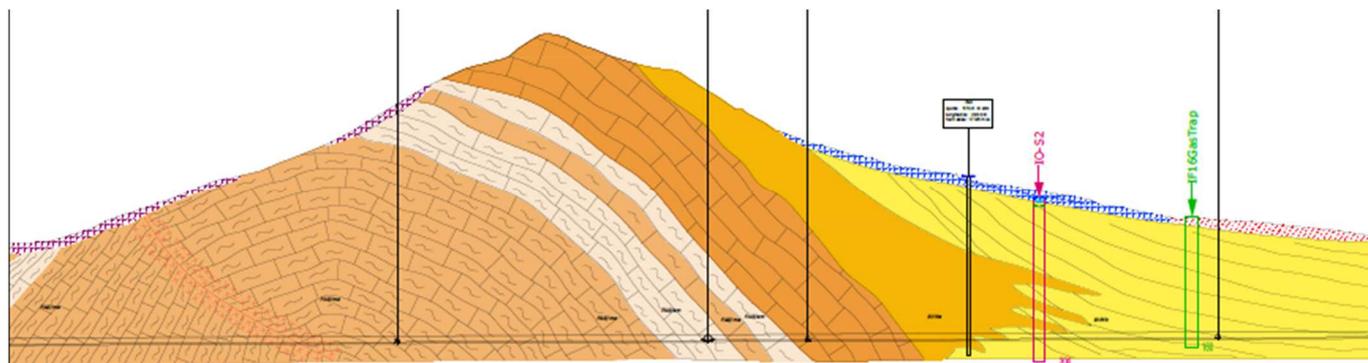


Figura 2-1 – Profilo di previsione tra le pk 41+460 e 43+700 ca.

Un ulteriore elemento di approfondimento in questa prima tratta consiste nel riconoscimento di un corpo detritico di spessore variabile (5-10 m almeno) proprio in corrispondenza dell'imbocco della galleria. In questo punto la galleria Hirpinia interessa un versante impostato nel flysch di Faeto che presenta alla base una scarpata di erosione fluviale dell'altezza di circa 20 metri intagliata negli strati calcarei.

Osservazioni in sito hanno permesso di riconoscere la presenza di un'antica superficie di erosione (terrazzo fluviale) del T. Cervaro che taglia nettamente gli strati lapidei che, in questo punto, si presentano con giacitura sub verticale. Ad una altezza di circa 20m dal fondovalle il terrazzo è chiaramente ricoperto da almeno 10m di depositi caotici ed eterogenei riferibili o ad un antico cumulo di frana o comunque a depositi colluviali.

Le indagini geofisiche eseguite in questo tratto hanno confermato la presenza di almeno 15-20m di materiale detritico di copertura, comunque, non assimilabile al substrato lapideo.

Sul fianco occidentale dell'anticlinale il flysch del Faeto è ricoperto stratigraficamente ed in discordanza da terreni pliocenici che si presentano con sabbie e conglomerati poligenici cementati che passano in eteropia a successioni prettamente argillose e ben stratificate. Le eteropie sono ben documentate nei sondaggi S3 e IO S2. In questo tratto il PE prevede un tratto di scavo nelle sabbie e conglomerati pliocenici alla pK. 43+560 anziché nel Flysch del Faeto. Per l'inquadramento della zona di imbocco si rimanda alla relazione geologica e alle relazioni relative alle opere di imbocco.

2.2.2 Progressive KM 43+700 e KM 46+100

In questo tratto la galleria attraversa le successioni plioceniche prevalentemente argillose (BVNb) che, come evidenziato nel profilo, si presentano con strati poco deformati ed in giacitura sub orizzontale o poco inclinata. Da approfondimenti svolti in sito è emerso che in alcuni punti si conservano piccoli alti morfologici impostati su corpi più lapidei di natura sabbioso-arenacea, con geometria lenticolare, che non fanno escludere, localmente, la loro presenza anche in altri settori ed alle quote della galleria, nei tratti in cui essa attraversa la successione pliocenica. Si tratta di terreni con proprietà meccaniche migliori delle argille e che potrebbero avere spessori di poche decine di metri.

Da segnalare al km 44+900, in corrispondenza della valle del T. Avella, il modesto spessore della copertura della galleria (circa 20m) interessata dalla presenza di cumuli di frana.

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 Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 12 di 90

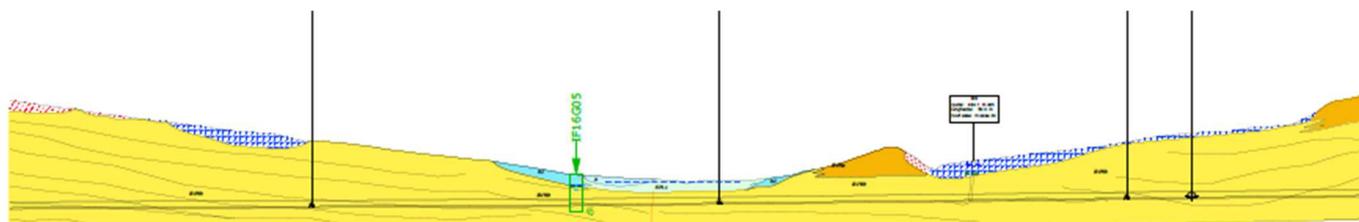
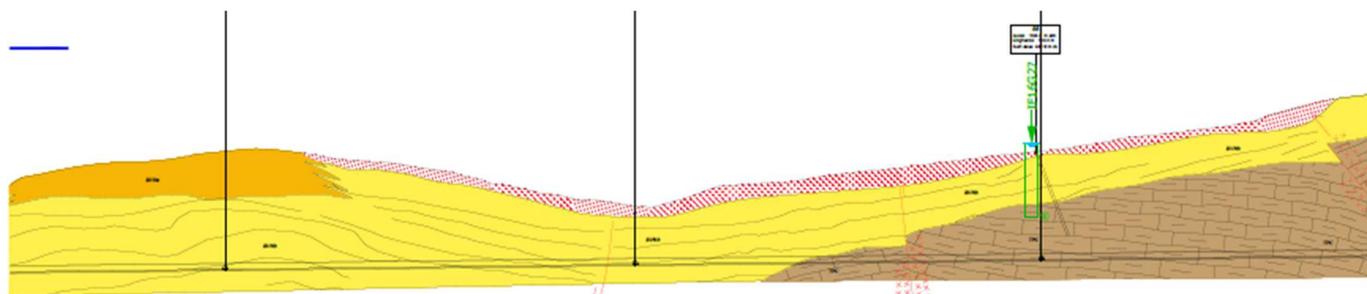


Figura 2-2 - Profilo di previsione tra le pk 43+700 e 46+100.

2.2.3 Progressive KM 46+100 e KM 50+200

Anche in questo settore è stato possibile apportare alcuni approfondimenti che, basandosi su evidenze di campo e sulla reinterpretazione dei sondaggi S5, IF16G27, S6, IOS4, IF16G06 ed IF16G07, nonché dall'analisi geomorfologica di alcuni corpi di frana, evidenziano anche in quest'area la variabilità delle facies del Flysch del Faeto e consentono di riconoscere il contatto stratigrafico tra lo stesso Flysch del Faeto e le sovrastanti marne e argille del Toppo Capuana (TPC). I sondaggi S5 e IF16G27 mostrano il contatto stratigrafico tra le argille plioceniche e le sottostanti argille e marne del Toppo Capuana (TPC), che interessano il cavo galleria tra le pk 46+750 e 47+370 circa. Il Flysch del Faeto, nella sua facies marnosa (FAE-ma), interessa, quindi, il cavo galleria tra le pk 47+370 e 47+650. In aggiunta, l'analisi delle fotografie delle cassette catalogatrici dello stesso sondaggio mostra una zona alquanto disturbata tra 45 e 60 m di profondità, dato che suggerisce la presenza di una faglia che disloca la successione. Considerato il contesto tettonico al contorno e i rapporti latero-verticali tra quanto riconosciuto nel sondaggio IOS4 e nel successivo sondaggio IF16G06, in cui si attraversano la facies argillosa e soprattutto calcarea del Faeto, la struttura tettonica in questione è stata interpretata come un sovrascorrimento, che intercetta il cavo galleria alla pk 47+650. Da questo punto e fino alla pk 50+200, a cavo galleria si intercetta il Flysch del Faeto. Questo presenta in profondità intervalli più francamente lapidei rispetto agli orizzonti marnoso-argillosi posti in superficie. Le giaciture degli strati misurati in campo e quelle dedotte dalle inclinazioni dei contatti stratigrafici in sondaggio hanno permesso inoltre di ipotizzare un modello geologico con blande pieghe anticlinali e sinclinali. A tale riguardo è molto significativo il sondaggio IF16G07 che mostra con molta chiarezza l'alternanza stratigrafica delle diverse facies del Faeto, i loro spessori e l'inclinazione della stratificazione in quel punto.

Le variazioni litologiche, e quindi di permeabilità, e le deformazioni tettoniche potrebbero essere all'origine della formazione di falde confinate ed in pressione, rinvenute in fase di indagine. È il caso della falda intercettata dal sondaggio IF16G07 le cui acque, dopo la perforazione, hanno raggiunto il piano campagna.



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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 13 di 90

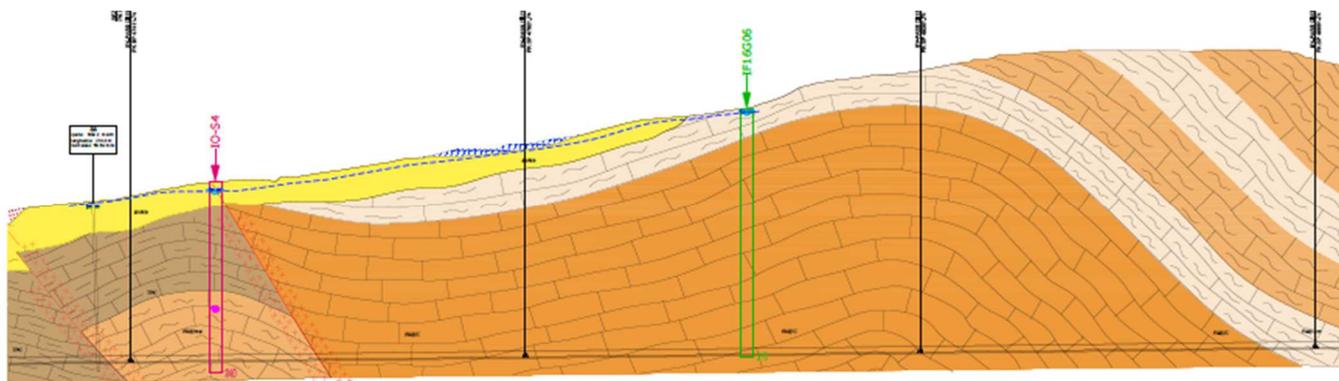


Figura 2-3 - Profilo di previsione tra le pk 46+100 e 50+200.

2.2.4 Progressive KM 50+200 e KM 53+700

È questo un settore importante per l'intero tratto della galleria, in quanto si passa dai termini calcareo marnosi del Flysch di Faeto a quelli prettamente argillosi del F. Rosso. Nel PD questo passaggio è interpretato per faglia con un contatto sub verticale al Km 50,200. Rilievi di campo ed interpretazioni geologiche su area più vasta sembrerebbero invece mostrare un contatto stratigrafico immergente verso NE tra il Flysch di Faeto che poggerebbe sul Flysch Rosso, contatto che si rinviene, a cavo galleria, alla pk 51+250. La ricostruzione dello stesso contatto è stata resa possibile dai molti sondaggi profondi effettuati, ovvero S7new, S8, IF16G28, IF16G08, S9, IF16G09, S10, S11 e IOS6. I sondaggi S7new e S8 attraversano interamente il Flysch del Faeto nelle sue facies argillosa e marnosa e mostrano la presenza di una ulteriore facies prevalentemente conglomeratica che si interpone fra le due precedenti. Il sondaggio IF16G28 attraversa interamente la facies argillosa del Faeto. Il sondaggio IF16G08 mostra il passaggio stratigrafico tra il Faeto e il Flysch Rosso che avviene a 105 m di profondità. Questi 4 sondaggi mostrano inclinazioni abbastanza costanti nel Faeto, con strati immergenti verso NE e inclinazioni di 45°-50°. Il successivo sondaggio S9, invece, attraversa interamente il Flysch Rosso consentendo, quindi, di riportare il limite in superficie tra FAE e FYR nel settore compreso tra questo sondaggio e il precedente IF16G08.

In questa tratta, tra il km 50 e km 54, il PD riporta lunghi tratti di galleria scavati nella formazione argillosa messiniana del T. Calaggio (APC). Queste argille come riportato nei paragrafi precedenti si presentano spesso policrome, talora deformate e conservano strati più lapidei di marne silicizzate e sottili livelli di gesso. Esse, pertanto, presentano un aspetto per molti versi simile alle argille policrome del Flysch Rosso; tuttavia, mantengono alcuni caratteri distintivi che consentono la discriminazione tra le due formazioni. Tra questi, la presenza di minuti clasti di gesso, all'interno della successione argillosa, e la presenza di fitte lamine di precipitazione chimica, chiaramente testimoni dell'ambiente di formazione evaporitico.

Di seguito si riporta il profilo di previsione tra le pk 49+100 e 55+100 ca, che vede l'eliminazione della Formazione delle Argille del Calaggio (APC) prevista in PD, a favore della continuità della Formazione del FYR.

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 Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 14 di 90

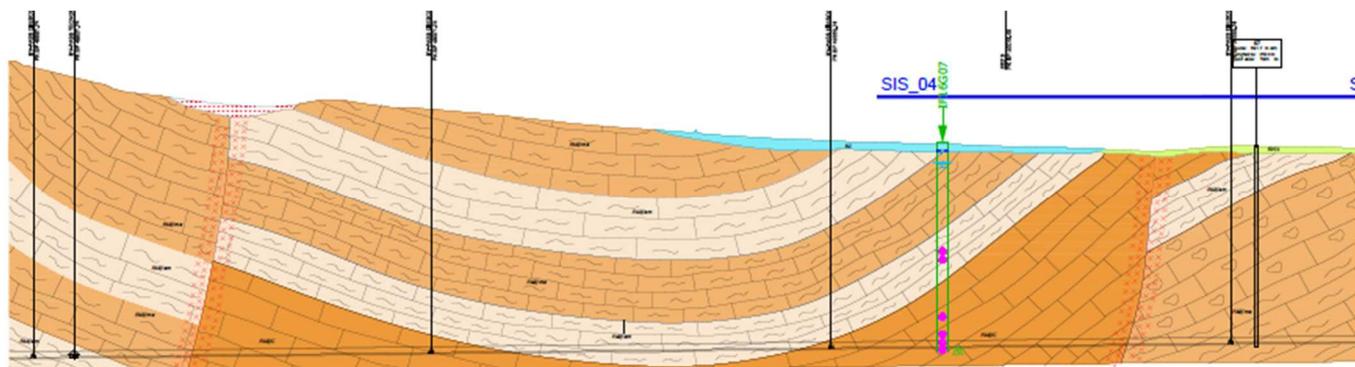


Figura 2-4 – Profilo di previsione tra le pk 49+100 e 50+700.

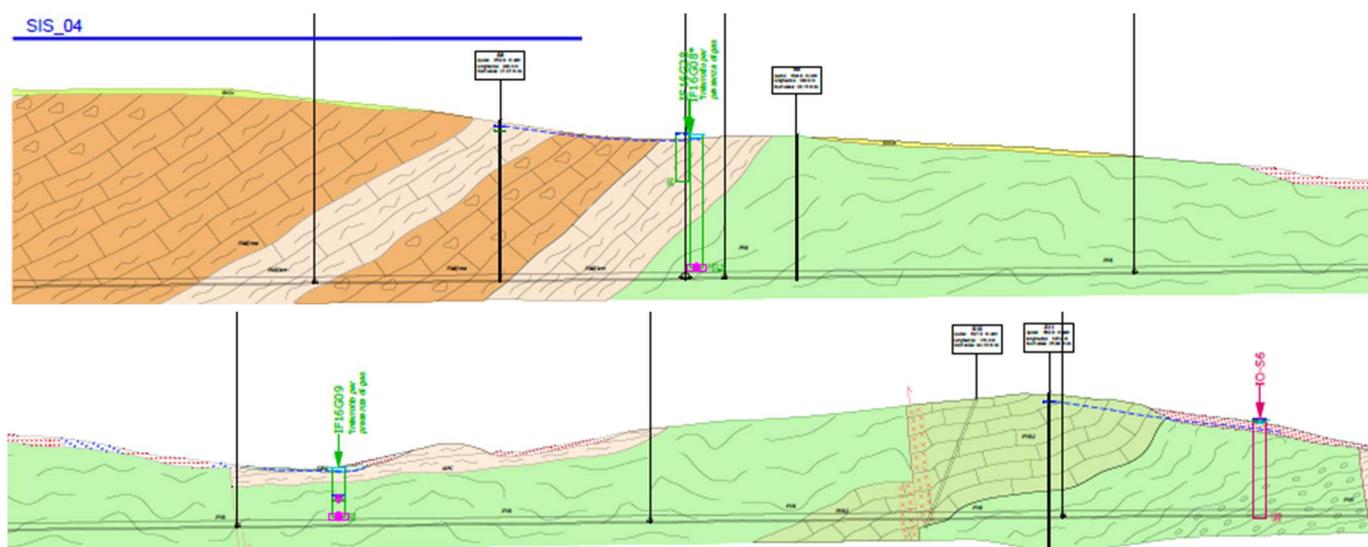


Figura 2-5 – Profilo di previsione tra le pk 50+700 e 52+700.

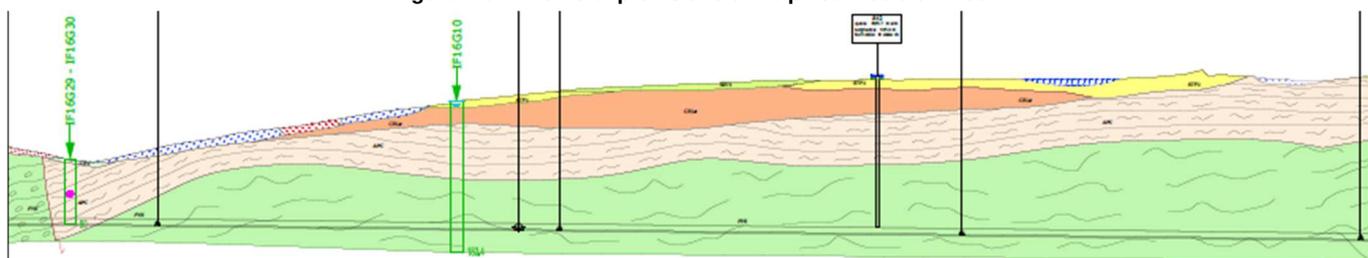


Figura 2-6 – Profilo di previsione tra le pk 52+700 e 55+100.

2.2.5 Progressive KM 56+100 e KM 56+400

In questo breve tratto, evidenze di campo e l'analisi del sondaggio profondo S14 hanno permesso di ridefinire la geometria del blocco evaporitico messiniano attraversato dalla galleria. La giacitura e la natura dei litotipi presenti sono molto ben esposte in una cava abbandonata dove è possibile osservare che gli strati si presentano con giacitura sub verticale. In questo tratto affiorano tre diverse facies in parte riscontrate anche nel sondaggio. Si tratta di alternanze di argille scure bene stratificate e laminate contenenti sottili livelli di calcari cristallini e gessi. Alle argille si susseguono membri lapidei o di natura prettamente calcarea o di gessi macrocristallini. La presenza di

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 15 di 90

calcari e gessi fratturati ed in giacitura sub verticale ed il tamponamento laterale operato delle argille ha dato origine ad un piccolo lago, testimone dell'emergenza della falda che dovrebbe interferire, se pur solo localmente, con lo scavo della galleria.



Figura 2-7 - Cava di gesso che sarà attraversata in profondità dalla galleria al km 56.200

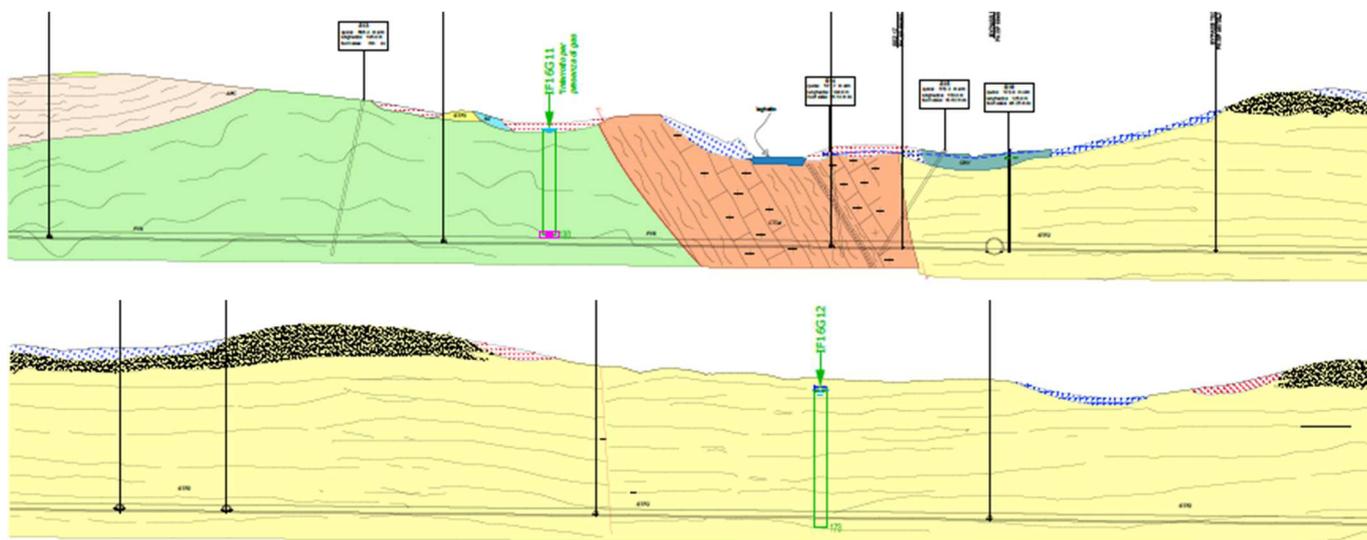


Figura 2-8 – Profilo di previsione tra le pk 55+600 e 57+600.

A seguire, come mostrato in Figura 2.8, sono presenti ammassi appartenenti alla Formazione di Sfraccavallo: si tratta di depositi marini di piattaforma, transizione e spiaggia emersa, costituiti da tre distinti membri a composizione arenaceo-sabbiosa, argilloso-sabbiosa e calcarenitico-arenacea. Rientra nella formazione di Sfraccavallo le **Peliti di Difesa Grande** (STF2) presenti in questo settore di galleria.

2.2.6 Progressive KM 56+000 e KM 63+000

In quest'area nuovi sopralluoghi in campo hanno permesso di riconoscere alcuni rilievi costituiti da corpi maggiormente sabbioso-arenacei, che potrebbero presentare una geometria lenticolare. Vista la frequente

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 Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 16 di 90

presenza di tali corpi non è da escludere la possibilità di rinvenimento di elementi simili anche a quota galleria. Essi, tuttavia, dovrebbero essere caratterizzati da caratteristiche meccaniche migliori rispetto alle argille limose.

In tale tratta un ulteriore aggiornamento riguarda l'assenza di chiari affioramenti di argille varicolori, in corrispondenza della traccia della galleria. Vista la geometria molto irregolare della superficie di contatto tra AVR e le coperture Plioceniche, in discordanza, è pertanto possibile che le stesse possano risultare assenti anche a quota galleria. Tale ipotesi è confermata dal sondaggio S17 che attraversa interamente le successioni argillose plioceniche del Supersintema di Ariano, litofacies pelitica (BNA2).

L'esame dei profili di previsione evidenzia il contatto tra le Peliti di Difesa Grande e gli ammassi appartenenti alla Formazione della Baronia, nel Membro pelitico-arenaceo del Fiume Miscano (BNA2), costituito da argille limose e argille limoso-marnose di colore grigio, in strati da molto sottili a sottili, con locali intercalazioni di sabbie limose grigie e rari resti di molluschi; a luoghi si rinvencono passaggi di arenarie e sabbie di colore grigio e giallastro, massive o mal-stratificate, talora a laminazione pianoparallela. Tali litotipi presentano uno spessore massimo di circa 800 m e sono riferibili al Pliocene Inferiore.

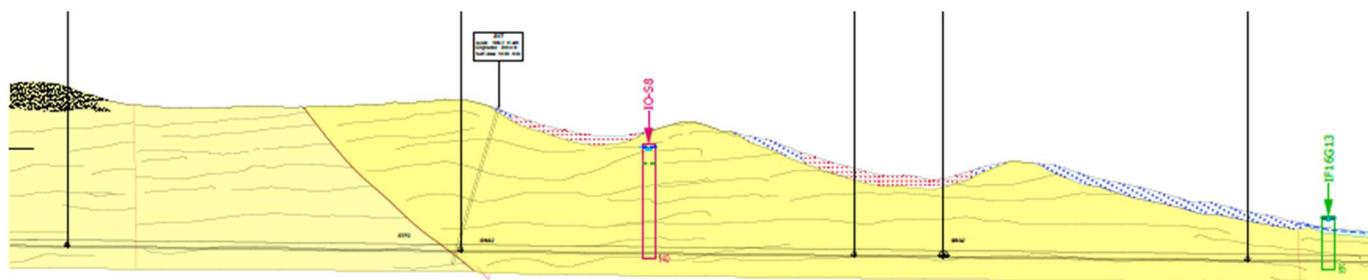


Figura 2-9 – Profilo di previsione tra le pk 58+300 e 60+100.

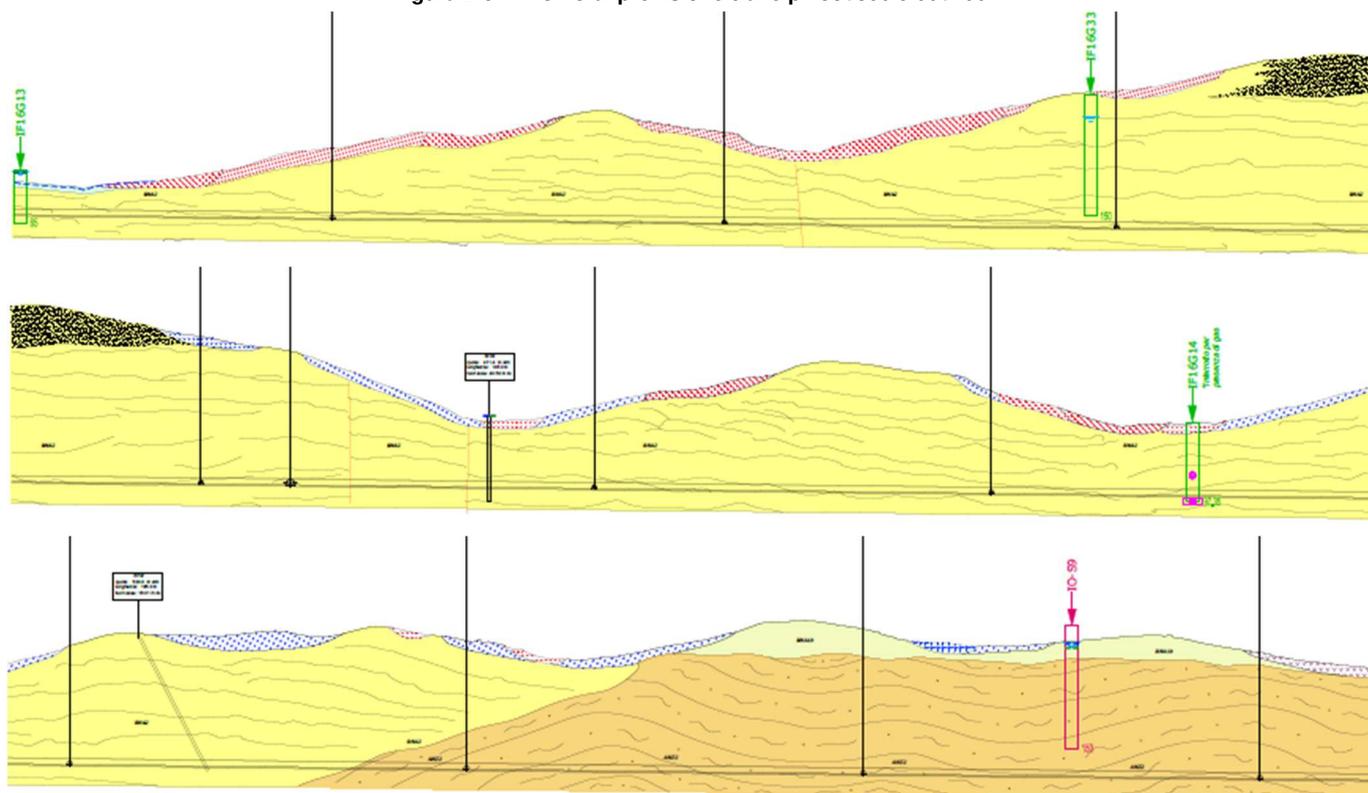


Figura 2-10 – Profilo di previsione tra le pk 61+500 e 63+600 ca.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 17 di 90

2.2.7 Progressive KM 65+000 e KM 69+000

Successivamente il tracciato passa dalla Formazione del BNA2 alla Formazione dell'Anzano. A chiudere il profilo, l'insieme delle osservazioni condotte su tutti i sondaggi porta a concludere che l'intero tratto tra l'imbocco lato ovest della galleria KM 68,500 e la progressiva Km 66,300 sia compreso nella formazione argillosa messiniana dell'Unità di Vallone del Toro (APC-MZF). Si ritiene di accorpate queste due formazioni in quanto sia i dati di campo che le stratigrafie dei sondaggi non permettono di proporre una netta distinzione. Si tratta infatti in tutti e due i casi di argille policrome con frequenti strati sottili calcarei e cristalli di gesso di precipitazione chimica. Queste osservazioni portano a concludere che questo tratto sarà scavato nelle argille messiniane.

La costante presenza di argille messiniane è stata dedotta da una attenta analisi dei numerosi sondaggi eseguiti che mostrano sempre: argille policrome laminate e non scagliose; presenza di cristalli di gesso, livelli con elevato contenuto di materia organica, livelli calcarei legati a precipitazioni chimiche in ambiente evaporitico. Inoltre, la giacitura degli strati è sempre ben evidente e spesso poco inclinata a differenza dei terreni più antichi e sempre deformati del Flysch Rosso.

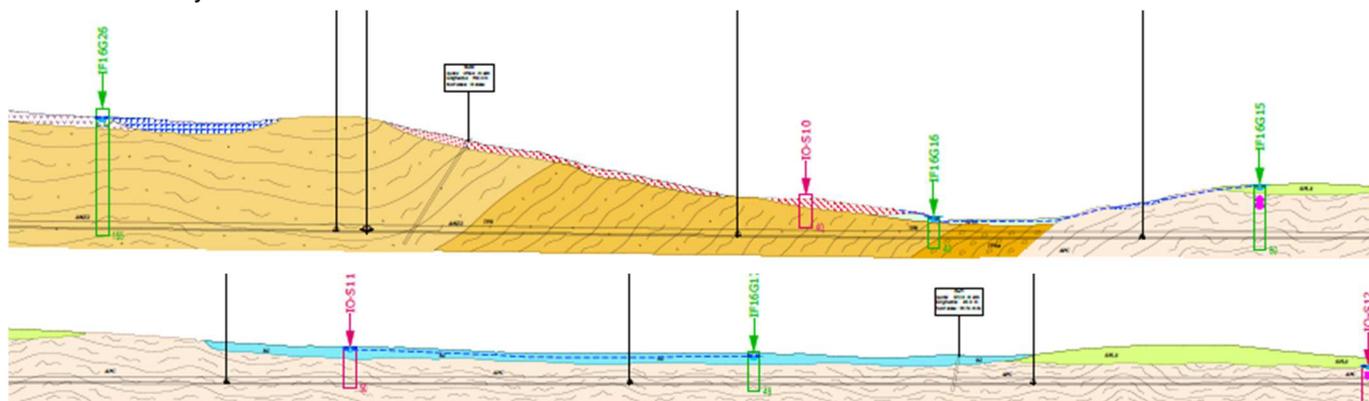


Figura 2-11 – Profilo di previsione tra le pk 65+900 e 67+900.

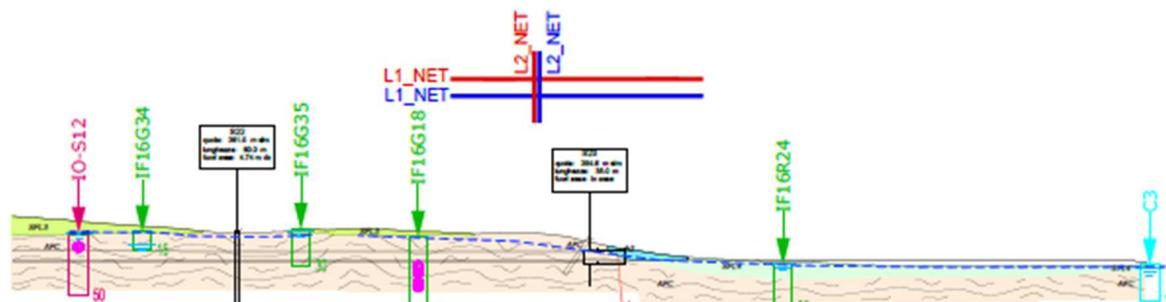


Figura 2-12 – Profilo di previsione tra le pk 67+900 e 69.

2.3 BREVE QUADRO GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal tracciato della galleria "Hirpinia", da un punto di vista geomorfologico, può essere divisa in 4 tronchi principali:

- 1) Panni-Savignano
- 2) Savignano - Alta Valle del Cervaro
- 3) Alta Valle Cervaro- Villanova del Battista
- 4) Piana Grottaminarda

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGGIO D 18 di 90

1. Panni - Savignano: il paesaggio del primo tronco è fortemente controllato dalla presenza di un sistema a pieghe est-vergenti a basso raggio di curvatura che interessa in questa zona il fronte della catena sud appenninica e che determina la presenza di una serie di valli e dorsali montuose (dorsale di Panni e Savignano) allungate in direzione NO-SE (Di Nocera et al., 2006; Torre et al. 2011; Vitale & Ciarcia, 2013). Le dorsali, con la caratteristica forma a “cuesta/hogback”, coincidono con l'affioramento delle porzioni carbonatiche della formazione del Flysch del Faeto o con i membri più resistenti delle successioni plioceniche. I processi dominanti sono rappresentati dai processi fluviali e dai processi gravitativi. La tipologia di frana più diffusa è quella dei colamenti che presentano generalmente uno stato di attività quiescente o attivo. Le dimensioni dei fenomeni sono molto variabili, ma si può in generale affermare che i piani di scorrimento solo in alcuni casi superano i 30 metri di profondità. In asse galleria le situazioni da tenere sotto attenzione sono quelle in cui la presenza di incisioni vallive (per esempio la valle del Torrente Avella tra le pk 44+300 e 45) determina una riduzione degli spessori della copertura. Situazione di criticità per possibili interazioni tra depositi di frana e/o depositi detritico-colluviali rimobilizzabili con il tracciato ferroviario sono invece da segnalare all'imbocco della galleria Hirpinia lato Foggia, al pk 41+500, per cui si rimanda al paragrafo dedicato;

2. Savignano - Alta Valle del Cervaro: questo tratto è dominato da paesaggi collinari a bassa pendenza impostati sulle successioni a prevalente componente argillosa riconducibili alla formazione del Flysch Rosso (Pescatore et al., 1996; Basso et al., 2002; Patacca & Scandone, 2007). I versanti sono caratterizzati dalla presenza diffusa di colamenti in stato sia attivo che quiescente, ma con piani di scorrimento superficiali. In asse alla galleria vanno controllate le situazioni in sinistra idrografica del vallone del Confine (pk 52+300) e del vallone di Vena (pk 53+600). Discorso a parte merita la porzione terminale di questo tratto, coincidente con l'alta valle del T. Cervaro. Questa porzione di valle è impostata lungo una faglia diretta a direzione NO-SE che ribassa i terreni pliocenici verso SO ed è caratterizzata dalla presenza di un fondovalle pianeggiante in aggradazione, con tracciato chiaramente meandriforme. Tale situazione, generalmente caratteristica delle zone terminali dei corsi d'acqua, rappresenta una vistosa anomalia oro/idrografica, essendo localizzata nella parte alta della testata valliva ed in prossimità dello spartiacque Tirreno/Adriatico. La presenza poi di depositi recenti (CRV, Pleistocene superiore? - Olocene, da foglio Carg 433 - Ariano Irpino) nel fondovalle suggerisce una possibile attività recente lungo questa faglia con conseguente aggradazione nel blocco di letto. Tale faglia quindi, che la galleria attraversa al pk 56+350 circa, potrebbe essere considerata come attiva e quindi con potenziale sismogenetico.

3. Alta Valle Cervaro- Villanova del Battista: Il terzo segmento è caratterizzato da un paesaggio collinare impostato sulle successioni Plioceniche che, nella porzione meridionale, vengono in contatto con i terreni argillosi delle formazioni messiniane (Amore et al., 1988; Cantalamessa et al, 1988; Ciarcia & Vitale, 2013; Di Celma et al., 2016). Il reticolo idrografico è caratterizzato da un pattern angolato a controllo strutturale che identifica un set di faglie e fratture ad orientazione prevalente NO-SE e NE-SO. Anche in questo tratto i versanti sono interessati da diffusi fenomeni franosi (colamenti) in vario stato di attività.

In asse galleria si segnalano i colamenti attivi in sinistra idrografica del vallone Regina (pk 60+000), e nella parte alta del vallone Masciano (pk 62+200 e pk 63+000). Nella porzione terminale di questo tratto, la situazione più critica sembra essere rappresentata dal versante sud-occidentale della dorsale di Villanova del Battista, caratterizzato da una zona in frana attiva in asse galleria tra il pk 65+500 e il pk 66+000. Anche in questo caso, in base ai dati disponibili, i fenomeni franosi non intercettano il cavo galleria.

4. Piana Grottaminarda: l'ultimo tratto della galleria Hirpinia interessa la Piana di Grottaminarda, ubicata alla confluenza del torrente Fiumarella nel fiume Ufita (Basso et al., 1996; Matano & Di Nocera, 1999; Giocoli et al., 2008a e 2008b). Questa zona è caratterizzata da un paesaggio prevalentemente pianeggiante e dalla presenza di vari ordini di terrazzi fluviali. In particolare, l'ultimo tratto della galleria soggiace ad una superficie terrazzata fluviale di natura erosionale, intagliata nelle successioni messiniane di substrato, ubicata intorno ai 380 m. slm, e ricoperta da una sottile coltre di depositi colluviali (indicati con la sigla b2, Olocene, nel Foglio Carg 433 – Ariano Irpino) e alluvionali (indicati con la sigla SFL4 – Pleistocene Superiore – Olocene, nel Foglio Carg 433 – Ariano Irpino). Il terrazzo è bordato verso NO da una scarpata di altezza metrica, marcatamente rettilinea e orientata NE-SO, che interrompe la continuità laterale della piana alluvionale attiva del Torrente Fiumarella. Anche in questo caso si configura quindi la possibile presenza di una faglia ad attività recente in prossimità del tracciato della galleria Hirpinia. Esistono inoltre altre evidenze morfostrutturali che consentono di considerare il bacino di Grottaminarda come una piccola conca intramontana di neoformazione (Pleist sup?), bordata da lineamenti tettonici attivi.

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

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 19 di 90

2.4 ASPETTI IDROGEOLOGICI

La tabella seguente riporta i valori medi di conducibilità idraulica, k, dedotti dalle sole prove eseguite nelle diverse litologie.

Tabella 2-1 – Valori medi e mediani relativi alle differenti unità litologiche determinati sulla base delle misure ad oggi disponibili

SIGLA	TIPO DI PERMEABILITA'	MEDIA	MEDIANA	NOTE
LITOLOGIA		m/sec	m/sec	
ANZ2	porosità/fessurazione	2,912E-08	4,073E-08	
APC	porosità/fessurazione	9,500E-08	6,075E-09	
BNA2	porosità/fessurazione	2,498E-08	6,000E-09	
BVNb	porosità/fessurazione	2,986E-07	7,830E-09	
BVNa	porosità/fessurazione	6,507E-08	7,100E-08	da Bovino-Orsara
CTLa	porosità/fessurazione	5,610E-08	5,420E-08	
FAE/am	porosità/fessurazione	2,690E-08	1,600E-08	
FAE/C	fessurazione	5,275E-07	7,1935E-07	
FAE/ma	fessurazione	9,544E-07	8,190E-08	
FYR	porosità/fessurazione	2,542E-08	2,835E-08	
RPL1a	porosità	2,73E-04	1,876E-04	
SFL4	porosità	1,004E-04	2,864E-06	
STF2	porosità/fessurazione	6,009E-08	4,640E-08	
TFR	porosità/fessurazione	1,00E-09		pochi valori
TPC	porosità/fessurazione	3,325E-07	3,640E-07	
FYR2	porosità/fessurazione	9,093E-08	7,840E-08	

I dati ottenuti dal monitoraggio piezometrico hanno consentito di indicare sui profili geologici, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti, i livelli piezometrici massimi e minimi rilevati. Sulla base dei dati derivati dal monitoraggio è stato possibile fare una stima dei carichi idraulici sulla calotta; i valori, in sintesi, sono descritti nella tabella di seguito (la tabella riporta i valori medi):

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							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 20 di 90

Litotipo			Lunghezza (m)	Carico idraulico Valore medio (m)
	PK	PK		
	(m)	(m)		
FAE/ma	41477	41541	64	15
FAE/ma	41541	41572	31	40
FAE/ma-catacl.	41572	41612	40	40
FAE/ma	41612	41770	158	40
FAE/ma	41770	42090	320	75
FAE/ma	42090	42129	39	75
FAE/ma	42129	42329	200	75
FAE/am	42329	42353	24	75
FAE/ma	42353	42373	20	75
FAE/am	42373	42437	64	75
FAE/ma	42437	42456	19	75
FAE/ma-catacl.	42456	42838	382	145
FAE/ma	42838	42968	130	145
FAE/ma	42968	43260	292	183
FAE/am	43260	43354	94	183
FAE/ma	43354	43388	34	183
FAE/am	43388	43430	42	183
FAE/C	43430	43468	38	183
FAE/C	43468	43561	93	153
BVNa	43561	43691	130	153
BVNa	43691	44023	332	153
BVNa	44023	44431	408	75
BVNa	44431	44645	214	35
BVNa	44645	44831	186	18
BVNa-catacl.	44831	44850	19	18
BVNa	44850	45164	314	18
BVNa	45164	45460	296	35
BVNa	45460	45851	391	75
BVNa	45851	45945	94	110
BVNa	45945	46339	394	85
BVNa-catacl.	46339	46363	24	85
BVNa	46363	46407	44	85
BVNa	46407	46753	346	90
TPC/BVNa	46753	46782	29	90
TPC	46782	46850	68	90
TPC-catacl.	46850	46890	40	90
TPC	46890	46933	43	90
TPC	46933	47341	408	165
TPC-catacl.	47341	47398	57	165
FAE/ma	47398	47533	135	165
FAE/ma	47533	47616	83	250
FAE/ma-catacl.	47616	47671	55	250
FAE/C	47671	48826	1155	250
FAE/am	48826	48992	166	250
FAE/ma	48992	49080	88	250
FAE/ma-catacl.	49080	49125	45	250
FAE/C	49125	49492	367	250
FAE/am	49492	49879	387	250
FAE/C	49879	50185	306	250
FAE/ma-catacl.	50185	50229	44	250

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 21 di 90

F AE/ma	50229	50727	498	250
F AE/am	50727	50883	156	250
F AE/ma	50883	51107	224	150
F AE/am	51107	51272	165	150
FYR	51272	52030	758	150
FYR	52030	52384	354	82
FYR-catacl.	52384	52405	21	82
FYR	52405	53066	661	82
FYR2	53066	53175	109	115
FYR-catacl.	53175	53221	46	115
FYR	53221	53605	384	110
FYR	53605	53713	108	92
FYR-catacl.	53713	53733	20	92
APC	53733	53814	81	92
FYR	53814	54128	314	92
FYR	54128	55989	1861	145
FYR	55989	56102	113	110
AVR-catacl.	56102	56121	19	110
CTLa	56121	56340	219	110
CTLa-catacl.	56340	56372	32	110
STF2	56372	56480	108	110
STF2	56480	56970	490	135
STF2	56970	57761	791	160
STF2-catacl.	57761	57781	20	160
STF2	57781	57945	164	160
STF2	57945	58709	764	125
STF2-catacl.	58709	58729	20	125
STF2	58729	59001	272	125
STF2-catacl.	59001	59051	50	125
BNA2	59051	59465	414	125
BNA2	59465	59969	504	75
BNA2	59969	60150	181	42
BNA2-catacl.	60150	60170	20	42
BNA2	60170	60880	710	42
BNA2	60880	61058	178	65
BNA2-catacl.	61058	61078	20	65
BNA2	61078	61100	22	65
BNA2	61100	62120	1020	110
BNA2-catacl.	62120	62140	20	110
BNA2	62140	62242	102	110
BNA2	62242	62330	88	70
BNA2-catacl.	62330	62350	20	70
BNA2	62350	62445	95	70
BNA2	62445	62894	449	85
BNA2	62894	63065	171	80
BNA2	63065	63382	317	80
BNA2	63382	63697	315	112
BNA2/ANZ2	63697	63720	23	112
ANZ2	63720	63780	60	112
ANZ2	63780	64023	243	107
ANZ2	64023	64594	571	137
ANZ2	64594	65082	488	125
ANZ2	65082	65430	348	75

Figura 2-13 – Distribuzione carichi idraulici lungo il binario dispari della galleria Hirpinia

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 22 di 90

Si evidenzia che i livelli piezometrici sono basati sui dati puntuali forniti dai piezometri e consentono di ottenere una ricostruzione qualitativa dell'andamento della piezometrica lungo il tracciato della galleria. Si ritiene che anche aumentandone il numero è comunque difficile definire con precisione il carico idrostatico puntuale, dovendo tenere conto di aspetti locali legati alla permeabilità secondaria in roccia, alla circolazione idrica sotterranea e/o a zone a permeabilità differenziata. Per questo si è comunque prevista l'attivazione di un monitoraggio dei carichi sui rivestimenti definitivi ed in particolare delle pressioni idrostatiche a tergo dei conci in alcuni punti del tracciato ritenuti particolarmente significativi, come descritto al capitolo 12. Il controllo del mantenimento di pressioni inferiori ai limiti ammissibili è demandato al sistema di drenaggio previsto, che è una soluzione abitualmente adottata in contesti simili e già presente nel PBG.

2.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni ed ammassi attraversati dalle gallerie si rimanda alla "Relazione di caratterizzazione geotecnica/geomeccanica generale - Tratte in sotterraneo", documento IF3A02EZZRBGE020600, ed alla relazione "Tratta Meccanizzato - Relazione geotecnica delle opere in sotterraneo", documento IF3A02EZZRGGN0000001, oltre a quanto riportato sui profili geomeccanici di previsione.

APPALTATORE: Conorzio 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			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 23 di 90

3 ANALISI DEGLI SCENARI GELOGICO-GEOTECNICI DI RISCHIO

Nel presente capitolo si individuano i principali elementi legati alla gestione delle maggiori criticità riscontrabili nel corso dello scavo della galleria Hirpinia, ai quali sono correlate possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio; si sono presi a riferimento gli scenari già individuati nella “Relazione geomeccanica”, documento IF3A02EZZRBGE0206001D, delle tratte in sotterraneo. Nel dettaglio:

Analisi di rischio legate alle caratteristiche dell’ammasso roccioso

1. Presenza di gas
2. Presenza di corpi di frana in superficie
3. Presenza di trovanti/blocchi
4. Presenza di gesso
5. Instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di
 - o Zone tettonizzate/superfici di taglio
 - o Basse coperture
 - o Transizione litologica
6. Fenomeni di subsidenza
7. Fenomeni di squeezing/swelling

Analisi di rischio legate alla presenza di acqua

8. Venute d’acqua concentrate in fase di scavo
9. Presenza di acque aggressive
10. Interferenza con sorgenti e pozzi
11. Carico idraulico elevato

3.1 POSSIBILE PRESENZA DI GAS

Gli studi e le indagini eseguite alla data della stesura del presente report, confermano quanto già indicato nella precedente fase di PD; con riferimento a quanto contenuto “Lavori in sotterraneo - Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a edizione”, recentemente aggiornato dalle seguenti Linee Guida:

- “Scavi in sotterraneo con metodo a piena sezione e tecnica tradizionale in terreni grisutosi”, Linea Guida Grisù, datato Luglio 2014;
- “Scavo meccanizzato di grande sezione con TBM –EPB in terreni grisutosi”,
- Linea Guida “Grisù –TBM, datato Maggio 2015.:

per la prima tratta della galleria Hirpinia, dall’imbocco lato Bari (200 m), con scavo in tradizionale, si conferma la **classe 1B**; per lo scavo in tradizionale dall’imbocco lato Napoli si conferma **la classe 2**. Dovranno pertanto essere impiegati gli apprestamenti indicati nelle suddette linee guida.

Come detto la TBM sarà equipaggiata per operare in ambienti grisoutosi, secondo le specifiche tecniche e le procedure operative indicate nella NIR44. Il monitoraggio del gas consentirà anche di regolare le modalità di esecuzione del riempimento a tergo del rivestimento in conci, ovvero valutare la possibilità di adottare o meno sistemi drenanti che impieghino pea-gravel; questa soluzione tecnologica è infatti da scartare qualora si accerti nel settore in esame la presenza di gas.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 24 di 90

Particolare attenzione dovrà essere posta anche all'eventualità che il gas si presenti disciolto in acqua, andando a monitorarne l'eventuale presenza nei pozzetti di scarico delle acque drenate, per i quali sono stati individuati sistemi a tenuta.

I profili relativi allo scavo in meccanizzato, in merito al rischio gas, non essendo disponibile una specifica classe di rischio secondo NIR, sono stati compilati considerando tre condizioni di rischio basati sull'esame degli esiti dei sondaggi (basso, medio, elevato); è stata comunque inserita una nota che richiama la necessità di operare secondo le prescrizioni contenute nella NIR44. In fase di PED tali profili saranno dettagliati inserendo i punti ove il monitoraggio ha indicato le manifestazioni gassose.

3.2 PRESENZA CORPI DI FRANA ED INTERFERENZA CON OPERE PREESISTENTI

Va considerato che l'avanzamento con fronte in pressione e la posa in opera del rivestimento immediatamente a tergo del fronte di scavo consente di limitare i volumi persi in fase di scavo e di conseguenza le possibili interferenze con possibili preesistenze in superficie, siano esse frane o preesistenze, quali strutture ed opere antropiche. Le analisi condotte in progetto evidenziano comunque tale eventualità come trascurabile. È inoltre presente il sottoattraversamento della SS90 con ricoprimenti di circa 30 m.

In relazione ai corpi di frana si segnala che nelle zone di sottoattraversamento, con coperture limitate, dei Torrenti Avella e Fiumarella, i versanti a monte e a valle dei corsi d'acqua mostrano fenomeni di dissesto e di instabilità riconducibili a colamenti lenti. Gli approfondimenti condotti, in base ai dati disponibili, indicano che le aree in frana non intercettano il cavo della galleria, si veda in particolare il documento IF3A.0.2.E.ZZ.WZ.GE.0301.00A "Approfondimento alla pk. 66+000 – Sezioni geologiche trasversali – Galleria Hirpinia"; si è comunque prevista l'integrazione di un monitoraggio inclinometrico attraverso la predisposizione di verticali inclinometriche e piezometriche in corrispondenza dei settori più critici (si veda al riguardo quanto indicato nell'elaborato IF3A.0.2.E.ZZ.P7.GN.00.0.0.020 – "Planimetria basse coperture con interventi di monitoraggio").

3.3 INSTABILITÀ DEL FRONTE E DEL CAVO DELLA GALLERIA

Il contesto geologico-ceomeccanico di scavo evidenzia la presenza anche di ammassi caratterizzati da un comportamento di tipo C (fronte instabile) o al limite B (fronte stabile a breve termine) che potrebbero dar luogo, in fase di scavo, a fenomeni di instabilità del fronte e del cavo. Lo scavo meccanizzato mediante TBM – EPB, consente di limitare i rischi legati a questi fenomeni per mezzo del contrasto esercitato dalla testa fresante e soprattutto dalla pressione attiva in camera di scavo, che fornirà un'azione di precontenimento del fronte. Un ulteriore contributo è dato dalla immediata messa in opera dell'anello di rivestimento definitivo in conci prefabbricati, che consente di contenere lo sviluppo delle deformazioni al contorno del cavo.

3.4 FENOMENI DI SQUEEZING E SWELLING

Lo scavo della galleria Hirpinia interessa porzioni di ammasso assimilabili per comportamento meccanico ad una argilla, in corrispondenza delle quali si manifesteranno fenomeni squeezing in fase di avanzamento: è un comportamento al quale è associato il rischio di elevate convergenze e deformazioni in fase di scavo e possibili fenomeni di rigonfiamento una volta posti in opera i rivestimenti definitivi. Le prove geotecniche condotte sembrano invece escludere fenomeni di creep nel lungo termine.

Sulla base degli esiti delle prove effettuate e dell'esperienza raccolta in contesti simili si è previsto di considerare pressioni agenti sui rivestimenti definitivi per effetto del suddetto fenomeno di rigonfiamento nell'ordine dei 100 KPa, nell'ambito delle Formazioni di FYR, delle APC e del STF2 (per le condizioni di minori ricoprimenti, FYR-APC, si è valutata anche l'impiego di pressioni di rigonfiamento dell'ordine dei 300 kPa).

La macchina è stata invece appositamente studiata, come in dettaglio spiegato ai capitoli che seguiranno, per affrontare passaggi in contesti spingenti, evitando rischi di intrappolamento. In particolare, la TBM presenta una geometria troncoconica, una lunghezza ed accorgimenti tali da ridurre l'attrito con il terreno (lunghezza scudo dell'ordine del diametro di scavo. Il mantello, inoltre, è dotato di fori per l'eventuale iniezione di liquidi lubrificanti

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 25 di 90

(per es. bentonite) atti a diminuire ulteriormente l'attrito con il terreno. La testa fresante inoltre, mediante opportuni cutters riprofilatori, ha la possibilità di garantire extrascavi addizionali per il passaggio dei settori più critici.

Questi aspetti sono basilari per l'attraversamento dei contesti spingenti e saranno oggetti di una procedura di gestione degli scavi dettagliatamente descritta nel seguito.

3.5 VENUTE D'ACQUA IN GALLERIA ED INTERFERENZE POZZI E SORGENTI

Lo scavo con una TBM con fronte in pressione permette di mitigare l'effetto della pressione dell'acqua sul fronte di scavo, impedendo l'innesco di importanti moti di filtrazione verso la galleria durante l'avanzamento. Inoltre, l'installazione immediata all'interno dello scudo del rivestimento definitivo costituito da anelli in conci prefabbricati dotati di guarnizioni idrauliche a tenuta garantisce nel lungo termine una ridotta interferenza con la falda acquifera. Al successivo capitolo, saranno comunque riportate delle procedure per la gestione di eventuali venute d'acqua in galleria.

Lo studio dell'interferenza dello scavo della galleria di linea con le sorgenti ubicate nell'intorno del cavo è stato valutato nella Relazione idrogeologica di progetto tramite l'analisi DHI (Drawdown Hazard Index) considerando diversi fattori geometrici e geologici, come ad esempio la distanza fra sorgente e galleria, la quota della sorgente, la presenza di faglie o fratture che possano mettere in connessione diretta la sorgente con la galleria, la tipologia del sistema di circolazione idrica che alimenta la sorgente. Il metodo fornisce un fattore DHI correlato ad una scala di rischio relativo crescente da 1 a 4. Sui profili geomeccanici è stata riportata la posizione dei pozzi e delle sorgenti interferite, così da poterne tenere in conto durante le fasi di avanzamento.

3.6 CARICO IDRAULICO ELEVATO

Lungo lo sviluppo della galleria sono previste condizioni di carico idraulico che, combinate alle caratteristiche dell'ammasso interagente con la galleria ed ai relativi carichi litostatici, determinano tassi di lavoro dei rivestimenti definitivi non compatibili con i limiti prestazionali degli stessi, sia allo stato limite di esercizio che allo stato limite ultimo. Per tale ragione in alcune tratte si sono resi necessari dispositivi di drenaggio nella condizione standard realizzativa. L'installazione delle aste drenanti è specificatamente predisposta allo scopo di deprimere il carico idraulico per ragioni di limitazione dei carichi sui rivestimenti.

Sono previste 3 tipologie di interventi di drenaggio. La prima tipologia, la DR1, verrà impiegata nel FAE, mediamente con permeabilità maggiore rispetto alle alte unità da drenare, e prevede il riempimento del gap anulare con pea gravel o miscela bicomponente drenante, ad esclusione della parte bassa (110°) intasata con classica miscela bicomponente. La parte alta, ad alta permeabilità, funziona quindi come un dreno continuo lungo la galleria e l'acqua drenata viene convogliata nel sistema di smaltimento acqua d'ammasso all'interno della galleria per mezzo di 1+1 aste drenanti installate ad interasse 3,6m. Nelle altre formazioni, con permeabilità più bassa, l'intervento di drenaggio DR2 previsto in progetto consiste nell'installazione di due tubi finestrati in PVC di diametro nominale 77 mm, rivestiti con calza in geotessuto, di lunghezza pari a 3m in modo da estendersi per circa 2 m oltre il profilo di estradosso del rivestimento e intercettare la circolazione idrica presente nell'ammasso al contorno dello scavo; l'interasse è pari a 28.80 m. Si prevede inoltre una terza tipologia di drenaggio, da adottarsi nel settore centrale della galleria, dove, stante un contesto geomeccanico alquanto scadente, in particolare nella Formazione del Flysch Rosso FYR, abbinato a maggiori ricoprimenti e dunque battenti piezometrici, occorre incrementare l'azione drenante. In questo settore si adotterà la sezione tipo DR3. L'intervento DR3 consiste nell'installazione di due tubi finestrati in PVC di diametro nominale 77 mm, rivestiti con calza in geotessuto, di lunghezza pari a 6 m in modo da estendersi di circa 5 m rispettivamente oltre il profilo di estradosso del rivestimento e intercettare la circolazione idrica presente nell'ammasso al contorno dello scavo.

Analogamente si evidenzia che elevati battenti idrostatici possono anche condizionare l'avanzamento della TBM, qualora pressioni idrostatiche troppo elevate generino spinte presso il fronte della TBM non gestibili dal sistema di avanzamento della macchina o problemi di instabilità del fronte di scavo, tenuto conto che la pressione massima agente in camera di scavo è pari a 5-6bar. In questo caso occorrerà prevedere l'esecuzione di drenaggi in avanzamento, lanciati dalla testa della TBM, al fine di abbattere preventivamente le pressioni agenti. Si prevede la realizzazione di 3 drenaggi lanciati in avanzamento per una lunghezza di 50 m, così da operare una depressione

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 26 di 90

nel nucleo-fronte. Situazioni di questo tipo sono riscontrabili in alcuni settori di faglia, come indicato in dettaglio nel profilo geomeccanico di previsione.

3.7 ACQUE AGGRESSIVE

Lungo lo sviluppo della galleria sono previste possibili acque aggressive, legate alla presenza di formazioni di natura gessosa. Si è individuato un rischio medio alle pk 42+400, 44+750, 48+200, 50+000, 51+300, 52+500, 54+250, 55+950, 57+900, 60+100, 63+150 ed elevato in corrispondenza dell'unità CTLa.

In funzione di tali evidenze si impiegheranno calcestruzzi con classe di esposizione XA1 o XA2, come indicato al successivo capitolo 12.

3.8 PRESENZA DI TROVANTI/BLOCCHI

Tale rischio è da ritenersi basso in corrispondenza dell'unità FYR e trascurabile in corrispondenza delle restanti parti del tracciato. Va peraltro segnalato che dovendo attraversare con lo scavo della galleria diversi contesti geomeccanici, tra i quali le bancate più competenti del Flysch del Faeto a componente calcarea, la testa della TBM è stata progettata per far fronte anche a blocchi di natura lapidea.

3.9 PRESENZA DI GESSO

La presenza di possibili litologie con presenza di gesso è elevata nelle formazioni del CTLa, dell'ANZ2, del TFR e dell'APC lato Napoli. Tale presenza può generare il rischio di acque aggressive, già individuato al capitolo 3.7..

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 27 di 90

4 RIVESTIMENTI IN CONCI PREFABBRICATI

4.1 SPECIFICHE TECNICHE

Il rivestimento definitivo della galleria presenta le seguenti caratteristiche salienti:

- raggio interno: 4,20 m;
- tipologia anello: universale;
- numero conci: 7+0;
- spessore conci: 0,5 m;
- lunghezza conci: 1,80 m;
- guarnizioni in EPDM integrate su ciascun concio per garantire la tenuta idraulica tra i giunti (sia longitudinali che radiali) e precaricate dal serraggio dei connettori;
- connessione tra anelli contigui mediante connettori longitudinali, asimmetrici
- bulloni trasversali in acciaio tra conci adiacenti.

In merito alla resistenza del calcestruzzo dei conci prefabbricati, sono previste due diverse classi di resistenza sulla base delle quali sono state definite le seguenti tipologie di conci:

- Conci “Standard” (tipo 1) con classe di resistenza C35/45;
- Conci “Speciali” (tipo 2) con classe di resistenza C50/60.

Per entrambe le tipologie di conci l’armatura prevista ha un’incidenza di circa 120kg/m³ di rivestimento. Il ricorso a conci “Speciali” (Tipo 2) è previsto nella tratta centrale della galleria, nel settore interessato dalla Formazione del Flysch Rosso FYR e nella fascia di transizione tra FAE e FYR in presenza dei maggiori ricoprimenti. Nella restante parte di tracciato è previsto invece l’utilizzo di conci “Standard” (Tipo 1). Tale rivestimento risulta infatti adeguato anche per fronteggiare carichi idraulici dell’ordine dei 100 m. Nei tratti in cui l’entità dei carichi idraulici risulti superiore ai suddetti valori, è prevista l’esecuzione di un intervento di drenaggio di lungo termine volto alla riduzione dei carichi idraulici stessi.

4.2 ACCESSORI

La guarnizione utilizzata per impermeabilizzare il rivestimento definitivo è del tipo “UG037A”, fornitore “FAMA” o equivalente. La guarnizione ancorata è realizzata sulle specifiche dimensioni del concio che deve sigillare e viene integrata nel cassero, prima del getto del calcestruzzo (guarnizione ancorata).

In fase di esercizio, il rivestimento definitivo deve assicurare una tenuta idraulica di 10bar, pari ad un battente idraulico di 100m. La seguente tabella riporta le caratteristiche richieste per la guarnizione:

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 28 di 90

GUARNIZIONE

- Ancorata in EPDM con cordolo idrofilico di rigonfiamento incorporato
- Tipo profilo FAMA UG037A o equivalente
- Profilo 29mm
- Durezza nominale ShA 70 – DIN 53505/ISO 7619-1
- Tolleranza durezza ± 2 SHORE A
- Classe di estrusione E1 – Tolleranza dimensionale STUVA
- Resistenza a trazione ≥ 9 MPa – DIN 53504/ISO 37
- Allungamento $\geq 200\%$ – DIN 53504/ISO 37
- Angoli non solidi % riempimento $< 85\%$

- Tenuta idraulica
- in fase di esercizio ($V_n=75$ anni) 10bar
- Offset 15mm
- Gap 6mm
- Capacità Residua R=80%

CORDOLO IDROFILICO

- Diametro \varnothing 5mm
- Resistenza a trazione ≥ 1.25 MPa
- Rigonfiamento $> 400\%$
- Durezza 35 ShA ± 5

Figura 4-1 – – Requisiti progettuali guarnizione

Le condizioni di prova, necessarie per la qualifica del materiale, saranno presentate nella fase di progetto esecutivo di dettaglio.

Per quanto riguarda l'apertura del giunto, si osserva come i giunti circolari siano praticamente chiusi, sin dalla fase di spinta della TBM in avanzamento; i giunti radiali, all'aumentare del carico idraulico, sono sempre più compressi, andando a chiudere possibili gap iniziali di montaggio/geometrici.

Per quanto riguarda l'offset, sui giunti circolari sono presenti i 3 connettori ad anello, che permettono l'allineamento delle guarnizioni delle 2 facce in contatto; sui giunti radiali sono presenti sia la barra guida, che permette l'allineamento delle facce, sia i bulloni, che mantengono l'allineamento nelle prime fasi di spinta.

Si rimanda al PED per la relazione specialistica realizzata dal produttore della guarnizione e per la specifica procedura di controllo dei valori di GAP e OFFSET al fine di garantire il rispetto del requisito progettuale.

Per i connettori si prevede l'impiego di connettori a vite del tipo SCREW SMARTBLOCK 90-160/350-80 di Fama o similare. Le prestazioni statiche minime di progetto risultano:

- Resistenza di pull-out > 90 KN
- Resistenza a taglio > 60 KN

I conci sono poi dotati di bulloni metallici per i giunti concio-concetto nel medesimo anello e di barre guida per migliorare la fase di inserimento del concetto in fase di posa. Per le specifiche di tali accessori si rimanda alla "Tabella materiali". Molti aspetti di dettaglio saranno oggetto di approfondimenti in sede di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED).

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 29 di 90

5 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE MACCHINE TBM-EPB

5.1 TIPOLOGIA DELLE TBM E SPECIFICHE TECNICHE

Lo scavo principale della Galleria Hirpinia avviene mediante modalità meccanizzato, impiegando 4 TBM, del tipo EPB, due in partenza dall'imbocco lato Napoli, al termine del pozzo eseguito da piano campagna, e due dall'imbocco lato Bari al termine del tratto scavato in tradizionale. Le 4 TBM convergono in un camerone di arrivo da realizzare in corrispondenza dell'estensione della Finestra F1.

Si rimanda alla "Relazione illustrativa", documento IF3A02EZZRGGN0100001C, per la definizione di dettaglio delle tratte di gallerie realizzate in scavo meccanizzato e per il dettaglio del layout di partenza degli scavi dal pozzo, lato Napoli, e dal tratto prescavato in tradizionale, lato Bari (figure 6.3 e 6.4 della già richiamata relazione).

Le due TBM in partenza lato Napoli affronteranno contesti geomeccanici e di ricoprimento più semplici, attraversando il settore di galleria dove, già in Progetto Definitivo, si faceva ricorso allo scavo meccanizzato. Per queste TBM si adotteranno specifiche tecniche sostanzialmente in linea con le prestazioni definite in PD, fatto salvo un modesto incremento del diametro di scavo ed un potenziamento del sistema di spinta, non potendo escludere la presenza di settori comunque critici; queste migliori prestazioni di spinta consentiranno anche di impiegare le due TBM lato Napoli per avanzare oltre il camerone della finestra F1, (a seguito di una riconfigurazione degli scudi e della testa), quale soluzione di back-up qualora si dovessero osservare rallentamenti circa i tempi di avanzamento delle due TBM lato Bari.

Diversamente per le TBM in partenza dall'imbocco Bari sono state messe a punto specifiche tecniche caratterizzate da elevati prestazioni dovendo affrontare contesti geomeccanici alquanto scadenti, in presenza di elevati ricoprimenti, nel settore centrale di galleria, dove il PD impiegava il metodo di scavo tradizionale.

Il settore da scavarsi in particolare nel Flysch Rosso ad alte coperture, fino a 190 m, come pure il settore di transizione tra la formazione del FAE ed il Flysch Rosso stesso, fino a coperture di 230 m, risultano caratterizzati da condizioni di elevato impegno tecnico per lo scavo con sistema meccanizzato; in tale contesto ci si aspetta infatti fenomeni di *squeezing*, elevate convergenze e pressioni al contorno delle TBM con il rischio di intrappolamento degli scudi. Sono quindi stati condotti studi ed approfondimenti con i principali costruttori di TBM al fine di definire un assetto di elevate prestazioni, in grado di:

- 1 Adottare misure tecniche per l'avanzamento in terreni molto spingenti
- 2 Adottare misure tecniche per garantire la continuità dell'avanzamento
- 3 Predisporre adeguati sistemi di indagine, monitoraggio e controllo in avanzamento

Nella tabella seguente si riepilogano per le due tipologie di TBM, lato Napoli e Bari, le principali caratteristiche geometriche e di spinta. Nei capitoli successivi, per le TBM lato Bari si forniranno maggiori particolari in merito agli apprestamenti speciali predisposti per l'avanzamento in terreni molto spingenti, così da definire in dettaglio le specifiche tecniche delle TBM che rivestono un'importanza progettuale ai fini di garantire lo scavo in condizioni di sicurezza.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA						
PIZZAROTTI		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 30 di 90
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato							

DATI TECNICI			GALLERIA HIRPINIA		
CATEGORIA	DATO	(UM)	PE NAPOLI	PE BARI 1	PE BARI 2-VAR
TBM Geometrie	DC1 - Diametro di scavo nominale	mm	9820	9920	9920
	Gap (DC1-DS) Radiale	mm	70	120	120
	Gap (DC1-Anello) Radiale	mm	210	260	260
	Dispositivo extra-scavo (rad)	mm		60	130
	DC2 - Diametro scavo + extra-scavo	mm	9820	10040	10180
	Gap (DC2-DS) Radiale	mm	70	180	250
	Gap (DC2-Anello) Radiale	mm	210	320	390
	Copy-cutter (rad)	mm	60	60	60
	DC3 - Diametro scavo + extra-scavo + cc	mm	9940	10160	10300
	Gap (DC3-Scudo) Radiale	mm	130	240	310
	Gap (DC3-Anello) Radiale	mm	270	380	450
	Lunghezza cutterhead	mm			
	Lunghezza scudo	mm	11500	11500	11500
	DS - Diametro scudo (coda)	mm	9680	9680	9680
	Pressione ammasso su scudo (max)	bar	10,00	15,00	15,00
	Pressione da iniettori scudo (bar)	bar		5,00	5,00
Pressione Camera (max)	bar	6,00	6,00	6,00	

Figura 5.1. Specifiche geometriche TBM

Dalla tabella sopra riportata, si può notare come per le TBM in partenza lato Bari siano previsti due diametri di scavo: il primo, pari a 9920 mm, impiegato all'avvio della TBM (PE BARI 1) relativo al primo settore della galleria dove i terreni sono in linea con quelli già affrontati in sede di PD ed il secondo, incrementato a 10180 mm, (PE BARI 2), dove la TBM, a seguito di un riassetto, affronterà i terreni più problematici oggetto della soluzione in variante. Come in dettaglio descritto in Allegato 2, vi è comunque, anche per la TBM BARI 1 la possibilità di prevedere un overcutting fino a 60 mm, per singoli step di 20 mm ciascuno.

Pertanto a partire dalle progressive 50+188 binario Dispari e 50+211 binario Pari, si provvederà a montare sulla testa della TBM dei ripper addizionali fissi in grado di operare uno scavo di maggiore diametro; inoltre saranno disponibili copy-cutters a funzionamento idraulico, al fine di incrementare ulteriormente il diametro di scavo fino a 10300 mm. Le progressive di modifica dei diametri di scavo potranno essere calibrate in corso d'opera in funzione dei dati di monitoraggio raccolti durante l'avanzamento (si veda anche capitolo 8 di gestione delle modalità di avanzamento).

In merito alle modalità di avanzamento, sulla base del quadro geologico-geotecnico di previsione, per la porzione più significativa della galleria sussistono le condizioni per un avanzamento delle TBM – EPB in **modalità open/semi-open** (quindi con parziale riempimento della camera di scavo) in contesti caratterizzati da fenomeni di interazione scudo-ammasso assai modesti. In contesti caratterizzati da ammassi argillosi, occorrerà invece operare in modalità **close mode**. Tali previsioni, basate su valutazioni di ordine geotecnico considerando le caratteristiche geomeccaniche dei materiali da attraversare, dovranno essere calibrate in corso d'opera anche tenendo conto degli aspetti legati alla presenza di gas lungo il tracciato della galleria; in relazione agli approfondimenti condotti in

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 31 di 90

sede di PE, si conferma la presenza di gas tale da richiedere l'applicazione delle procedure previste dalla NIR44; pertanto **occorrerà operare a camera piena**, in "modalità close mode" (con un valore minimo di pressione pari a 0.5-1.0 bar in calotta). Per tale aspetto si rimanda alle procedure operative previste nell'ambito del PSC.

Le TBM selezionate per lo scavo della galleria Hirpinia sono caratterizzate da particolari requisiti e innovazioni tecniche indispensabili per eseguire il progetto con successo e nel rispetto dei tempi previsti.

Questi requisiti tecnici speciali rappresentano un importante passo avanti nella tecnologia del tunneling TBM e possono essere distinti in due macrogruppi:

- A. **Peculiarità TBM**, con cui si intendono tutte le particolarità che sono legate a questi specifici progetti e sono fondamentali per la buona riuscita del progetto.
- B. **Innovazioni TBM**, con le quali si intendono nuove tecnologie e disposizioni studiate appositamente per aumentare le prestazioni e il risparmio energetico.

Relativamente al primo punto, le caratteristiche speciali possono essere suddivise in tre ulteriori gruppi principali, definiti come interventi tecnici atti a consentire l'esecuzione dello scavo su terreni con convergenza rapida e severa, interventi tecnici per garantire la continuità dello scavo e per ridurre al minimo la manutenzione e sistemi avanzati di indagine. Dal punto di vista degli ammassi spingenti, sono stati considerati peculiari per le macchine che lavoreranno sul tratto oggetto di Variante, precedentemente scavato con metodo tradizionale, gli aspetti progettuali elencati nei seguenti paragrafi.

5.2 SPECIFICHE TECNICHE TBM IN AVANZAMENTO DA BARI (TBM POTENZIATA PER IL TRATTO IN VARIANTE)

5.2.1 MODULAZIONE DEL DIAMETRO DI SCAVO

La soluzione tecnica adottata per la variazione del diametro di scavo muove dalla necessità di gestire al contempo l'avanzamento, per la quota parte nella tratta del Flysch Rosso ad alti ricoprimenti, in condizioni di ammasso che sviluppa convergenze molto importanti e per la restante maggior parte della galleria, in contesti caratterizzati da risposte deformative dell'ammasso non significative (ad esempio il Flysch del Faeto). È stato quindi sviluppato un progetto della testa dotato di estrema flessibilità / versatilità per ottemperare in maniera efficace ai requisiti tecnici specifici di ciascuno scenario.

Il diametro nominale di scavo è stato individuato in **9920 mm**. Nelle **situazioni di avanzamento ordinarie**, ovvero per le tratte in roccia di qualità geomeccanica elevata e per le tratte da scavarsi nelle argille marnose a coperture medio-basse, il mantenimento del diametro di scavo nominale garantisce le migliori condizioni in ordine ad aspetti specifici quali la guidabilità della fresa (extrascavo testa-scudo anteriore 20 mm/ testa-scudo di coda 120mm) ed il contenimento entro geometrie opportune del gap anulare al contorno dell'anello (gap teorico iniettato con miscela bicomponente 260 mm sul raggio).

Nelle tratte da scavarsi in **roccia**, alle massime coperture o comunque laddove si rilevassero locali condizioni geomeccaniche che determinano **fenomeni deformativi superiori** a quelli connessi alle condizioni ordinarie sopra menzionate, tale diametro sarà incrementato fino ad un massimo di **120 mm** (60 mm sul raggio), mediante l'installazione di **copy-cutters** sul perimetro, utilizzando appositi supporti già previsti ed inseriti nella struttura della testa.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 32 di 90

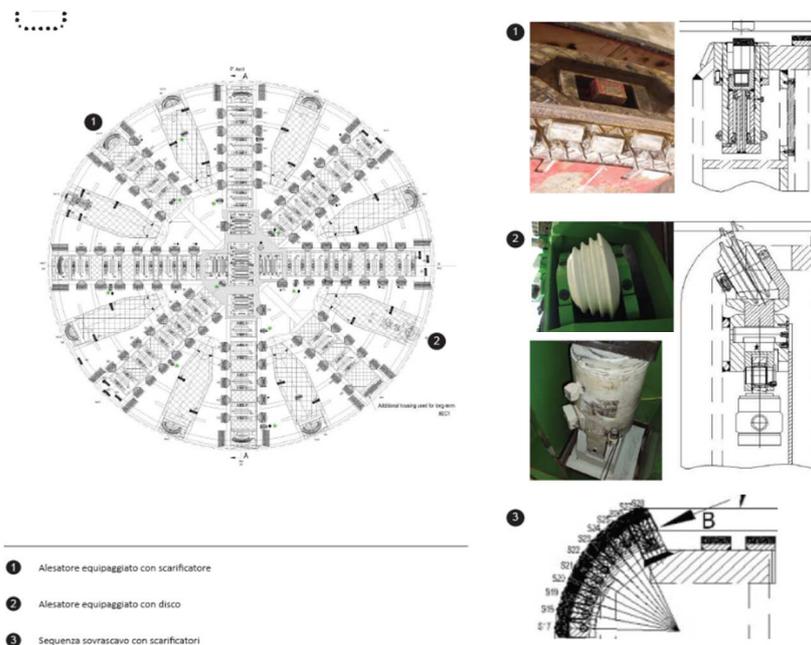


Figura 4-1. Tipologico cutter-head (sequenza sovrascavi).

La massimizzazione della prestazione della testa in termini di incremento del profilo di scavo interverrà, invece, nei passaggi caratterizzati da un comportamento fortemente spingente dell'ammasso, identificabile essenzialmente nella tratta da scavarsi nel tratto centrale della galleria (ex tratta che prevedeva lo scavo con metodologie in tradizionale). L'incremento del diametro di scavo potrà arrivare a **260 mm** (130 mm sul raggio), grazie alla predisposizione di **rippers** **addizionali**, sempre installati in appositi supporti già previsti ed inseriti nella struttura della testa. il diametro di scavo crescerà quindi da 9.920 mm a 10.180 mm. L'attrezzaggio della testa di scavo prevede anche la dotazione di dispositivi tipo **copycutters**, comandati in remoto ed attivati da un **sistema di estensione di tipo idraulico**, in grado di operare con efficacia anche in presenza di rocce di media resistenza. I copy cutters estendendosi con progressione potranno consentire una riprofilatura dello scavo sino ad un massimo di **60 mm** presi **radialmente** anche laddove saranno posizionati i ripper permanenti, grazie all'impiego di specifici spessoramenti (per un totale di 130 mm + 60 mm = 190 mm di incremento radiale rispetto alle dimensioni nominali della testa di scavo, con diametro di scavo che cresce quindi a **10.300 mm**). Per tratte di limitata estensione, tale misura consentirà quindi di incrementare ulteriormente il gap radiale da 260 mm a 320 mm.

L'operazione di riconfigurazione della macchina mediante l'introduzione dei ripper addizionali permanenti avrà una durata, stimata dall'Appaltatore, dell'ordine delle 3 settimane.

5.2.2 ASPETTI TECNOLOGICI DELLO SCUDO

Si è delineata la necessità tecnica di **massimizzare l'andamento conico** dello scudo, soluzione per mezzo della quale si mitigano gli effetti delle convergenze dell'ammasso - a scavo aperto - in termini di pressioni scaricate sugli scudi. La proposta prevede:

- un salto scudo di testa – scudo intermedio di **50 mm** radiali (100 mm di riduzione diametrale estradosso scudi);
- un salto scudo intermedio – scudo di coda di **50 mm** radiali (100 mm di riduzione diametrale estradosso scudi).

Si è inoltre ricercato di minimizzare la lunghezza dello scudo, riducendo così i rischi legati al bloccaggio della TBM ad opera delle pressioni del terreno. Pur prevedendo l'installazione del **sistema di articolazione attiva** in

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 33 di 90

sovrapposizione al sistema di spinta principale, si è ipotizzata per lo scudo una lunghezza complessiva di 11.50 m, così suddivisa:

- scudo di testa (inclusa la testa): 5.50 m;
- scudo intermedio: 2.50 m;
- scudo di coda: 3.50 m,

Pe gli scudi di testa e intermedio si prevedono progettualmente pressioni medie radiali al contorno nell'ordine dei 15 bar. Per lo scudo di coda, pressioni medie radiali di 10 bar. Il costruttore ha preso in conto, nelle sue analisi di dimensionamento degli scudi, pressioni agenti, sia sul settore intermedio che di coda degli scudi, di 15 bar (**si veda Allegato 4**).

Lo scudo sarà altresì equipaggiato con **dispositivi di controllo** delle **pressioni di ammasso** agenti sullo stesso (3 celle di pressione per ciascuno dei tre settori costituenti lo scudo). Tali celle di carico saranno in grado di misurare i delta di pressioni tra quelle impiegate in camera di scavo per l'avanzamento (pressioni che vengono mantenute anche al contorno dello scudo) e le pressioni generate dai fenomeni di convergenza dell'ammasso al contorno dello scudo.

Sempre in termini di equipaggiamento strumentale, saranno installati **3 dispositivi tipo fontimetro** sugli scudi (numero 3 per ciascun settore) finalizzati al controllo dimensionale dello spessore dell'intercapedine ammasso-scudo. Gli scudi saranno inoltre dotati di un **sistema di lubrificazione** all'estradosso scudi con iniezione di bentonite, realizzato con **tre anelli di iniettori**, uno per scudo, ciascuno composto da **12 iniettori**. In particolare, il sistema sarà debitamente potenziato per iniettare / intasare l'intercapedine anulare scudo / roccia con bentonite sino alla pressione massima di **5 bar**.

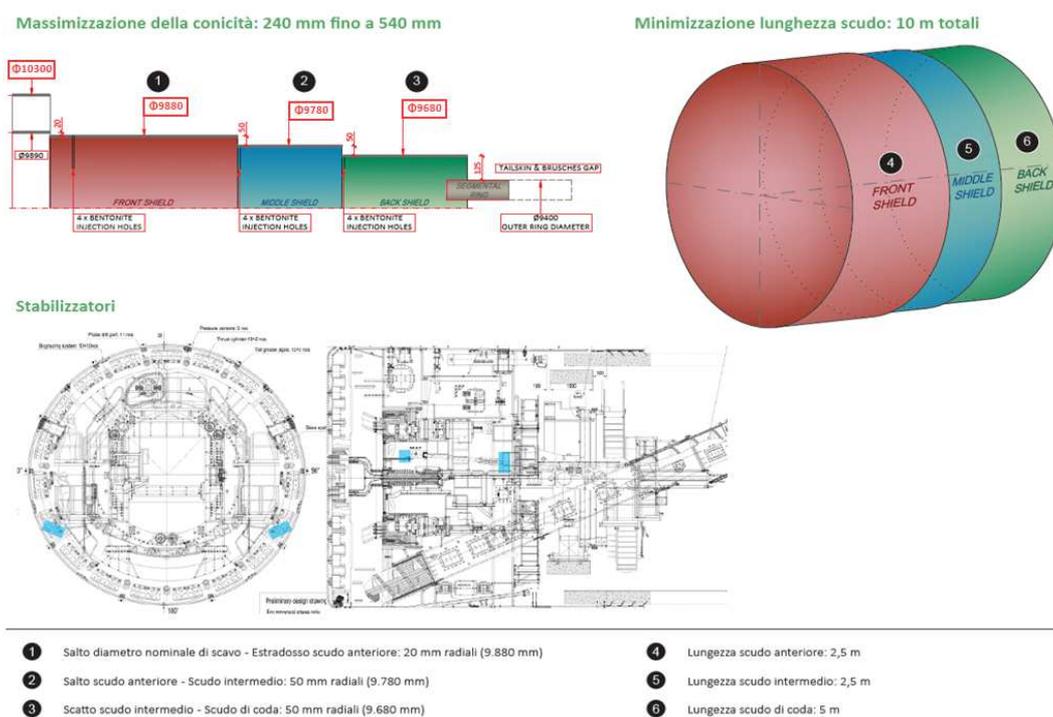


Figura 4-2. Ipotesi scudo (esemplificativo, lunghezza scudo- 11.50 m)

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <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 Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 34 di 90

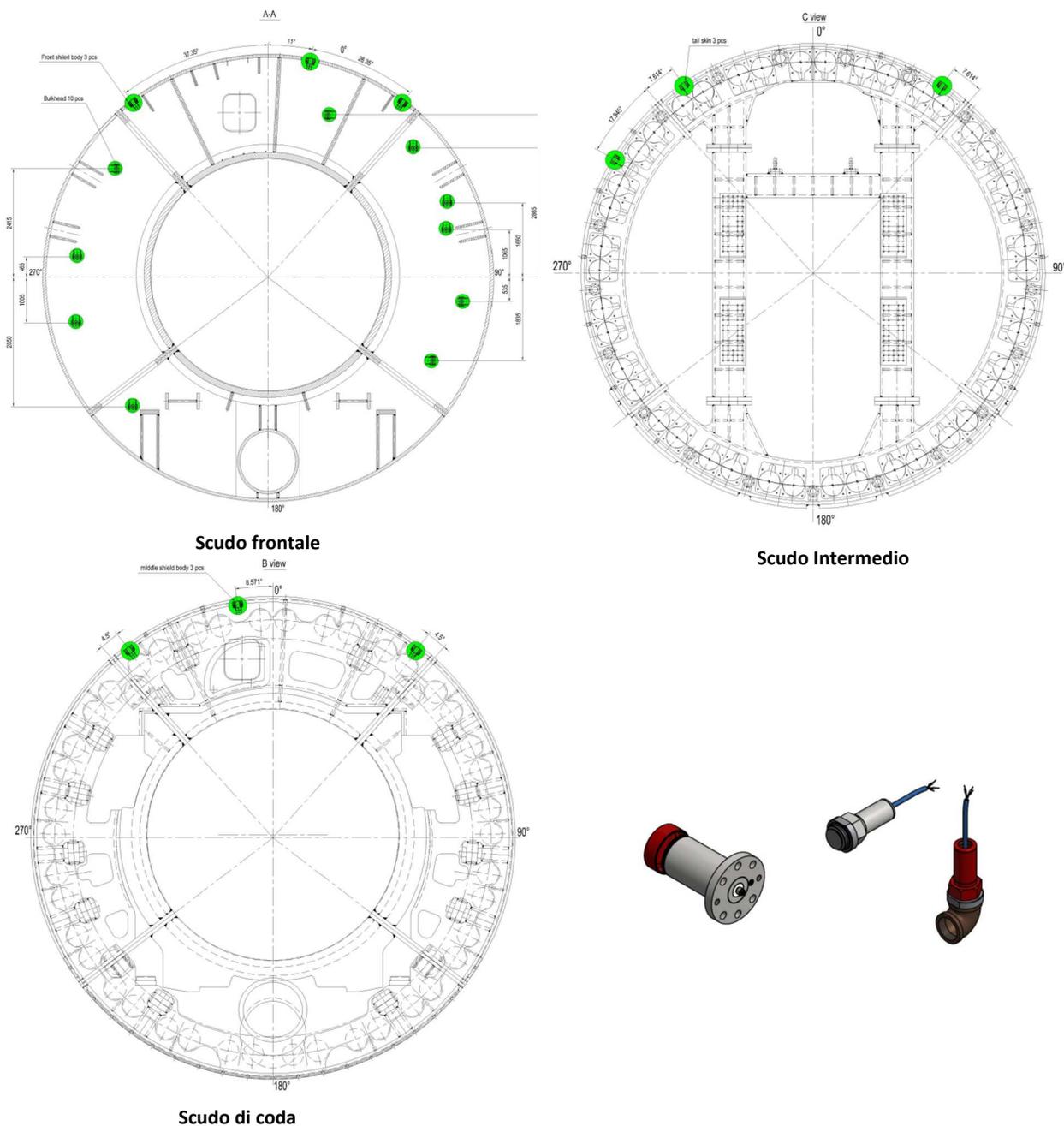


Figura 4-3 a. Dettagli sistemi di controllo - Sensori di pressione

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 35 di 90

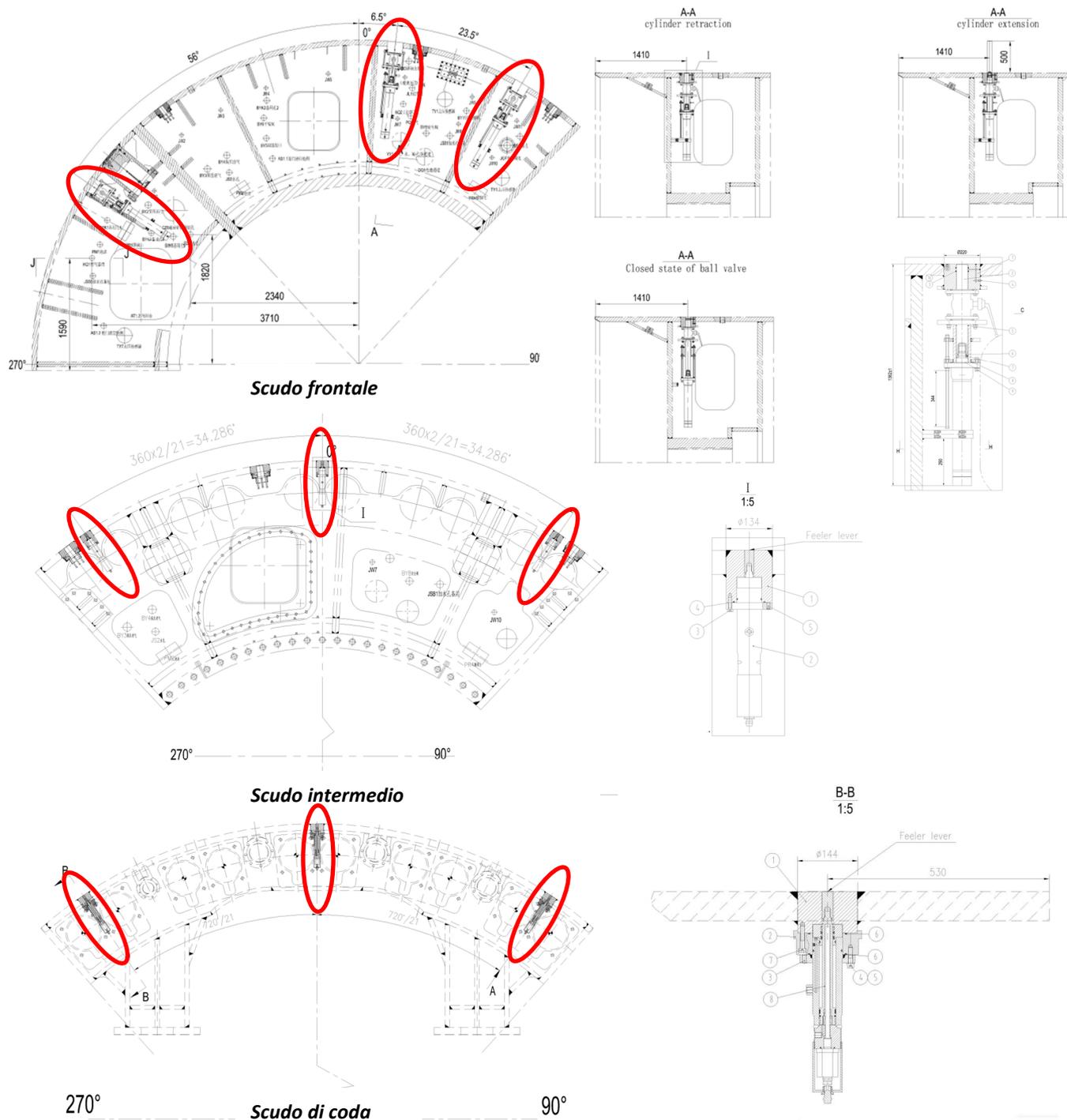


Figura 4-3 b. Dettagli sistemi di controllo Fontimetro

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 36 di 90

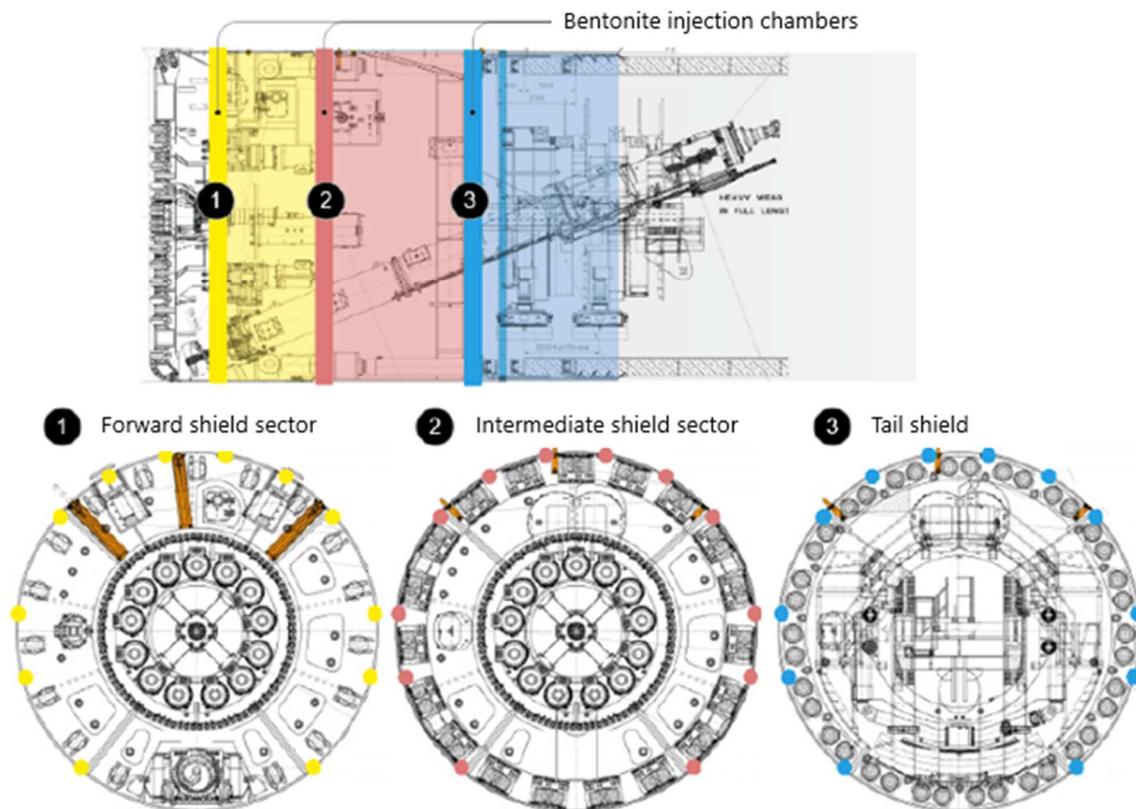


Figura 4-4. Sistemi di lubrificazione degli scudi

5.2.3 GESTIONE DEGLI EXTRA SCAVO

In **Allegato 2** alla presente, vengono descritte le configurazioni e le modalità operative previste riguardo a sovrascavi, guida e iniezioni di riempimento nelle diverse tratte della galleria, in funzione del profilo di convergenza dell'ammasso lungo lo scudo della TBM.

Se da un lato la possibilità di disporre di ampi sovrascavi consente di poter affrontare in sicurezza condizioni di ammasso alquanto spingenti, così da evitare o mitigare il rischio di blocco della TBM, dall'altra è stato necessario prevedere una serie di accorgimenti per garantire la guidabilità della TBM e poter quindi gestire, con estrema flessibilità, i sovrascavo, così da raccordarsi al reale comportamento del cavo in fase di avanzamento della TBM.

In configurazioni standard la testa della TBM ha un sovrascavo limitato a 20 mm sul raggio rispetto allo scudo anteriore, quello minimo sufficiente a compensare l'usura dei cutters periferici. La conicità complessiva dello scudo di coda, rispetto allo scudo anteriore, è di 100 mm sul raggio, ottenuta mediante due "salti" di 50 mm, il primo tra scudo anteriore e scudo intermedio ed il secondo tra scudo intermedio e scudo di coda. Per contenere le iniezioni di back-filling sono previsti, inoltre, due anelli di tenuta di guarnizioni multi-lamellari, uno disposto come di consueto all'estremità posteriore dello scudo di coda ed uno in corrispondenza al primo salto di diametro tra scudo anteriore e scudo intermedio.

In questa configurazione i diversi gradi di extra-scavo (overcutting) si ottengono attraverso lo spessoramento dei supporti dei cutters periferici combinato con l'installazione di cutters addizionali e con l'utilizzo di cutters con tagliente di diametro maggiorato. Ciascun step di extra-scavo è previsto di 20 mm fino ad un massimo di 60 mm, oltre ai 20 mm di sovrascavo nominale tra testa TBM e testa scudo. Modulando l'extra-scavo (overcutting) progressivamente, si mitiga il rischio che ci si trovi con le condizioni di massimo extra-scavo e con convergenze

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 37 di 90

pari a zero o di entità trascurabile, tali da generare problemi di guida o necessità di elevati riempimenti di back-filling a tergo dei conci. Tuttavia, qualora, per qualsiasi motivo, si verificasse la combinazione di un elevato sovrascavo e di una convergenza ridotta, la guida verticale della TBM verrebbe garantita dall'azionamento dell'articolazione attiva (**Figure 2, 3 e 4 dell'allegato**), che consente, modificando l'assetto verticale dello scudo anteriore, di mantenere inalterato il sottoscavo della testa rispetto agli scudi.

Sono inoltre previsti sei stabilizzatori (**Figura 6 dell'allegato**), di cui 4 "fin stabilizers", posizionati nella metà inferiore dello scudo, e 2 "round stabilizers", nella metà superiore dello scudo, impediscono il rollio degli scudi. La loro azione è tuttavia utile non tanto in questa configurazione, ma piuttosto nelle configurazioni con maggior overcutting e convergenza relativamente bassa, che può occorrere nel Faeto, nell'ultimo settore di avvicinamento alla Formazione del Flysch Rosso FYR, allorché è stato inserito il sovrascavo permanente di 130 mm, o qualora il profilo di convergenza nel Flysch Rosso risulti decisamente inferiore alle aspettative. L'Allegato 2 indica le procedure per questo delicato passaggio, la cui posizione sarà definita in dettaglio, in corso d'opera, grazie all'esecuzione del probe-drilling e di specifiche indagini cross-hole, finalizzate ad individuare precisamente il contatto FAE-FYR e, in ogni caso, il riscontro di un comportamento dell'ammasso con spiccato comportamento defomativo (elevate convergenze).

Una volta che la macchina entrerà nella formazione del Flysch Rosso si prevede che la convergenza raggiunga da subito i massimi valori previsti, considerato che il modello geologico di previsione indica un passaggio formazionale per contatto tettonico, che contrappone ammassi a caratteristiche diverse. Anche ipotizzando, come analisi di sensitività, localmente la presenza di parametri migliori per questa formazione, la convergenza non potrà scendere sotto un valore minimo di circa 15-20 cm, come riportato nel seguito. Lungo questa tratta quindi:

- La guida verticale non verrà influenzata in quanto il sottoscavo della testa rispetto allo scudo anteriore sarà quello minimo standard di 20 mm, mentre la guida e stabilità orizzontale, come anche l'antirollio sarà garantita dagli stabilizzatori.
- Le dimensioni radiali della camera di iniezione rimarranno ridotte, stante la convergenza attesa, e non si verificherà il rischio che la miscela di iniezione rifluisca verso la testa.
- Questo anche in quanto la TBM opererà sempre in modalità EPB in pressione e la iniezione della miscela bicomponente sarà mantenuta leggermente superiore alla pressione al fronte (meno di mezzo bar), in modo da assicurare il completo riempimento della camera evitando allo stesso tempo il rifluire della miscela sulla testa, come avviene normalmente nei funzionamenti mediante TBM del tipo EPB con camere di scavo in pressione.

Inoltre, come ulteriore misura di regolazione e controllo delle convergenze, si evidenzia come, riducendo o aumentando la pressione di confinamento al fronte e lungo lo scudo (in quest'ultimo caso mediante gli iniettori di fluidi bentonitici) sarà possibile modificare l'entità della convergenza e di conseguenza il gap della camera di iniezione di back-filling. Nel seguito, al fine di valutare lo scenario di rischio connesso al verificarsi di convergenze inferiori alle aspettative, si riportano alcuni profili di convergenza con riferimento a parametri geotecnici della Formazione del Flysch Rosso più ottimistici, al range superiore delle parametrizzazioni condotte.

In Figura 4-5 si riporta il profilo atteso con riferimento ai parametri previsti nella "Relazione di calcolo", documento IF3A02EZZRHGN0100001D, per la formazione del FYR alle massime coperture; si è assunto $\Phi = 24^\circ$, $C' = 40$ kPa e $E = 200$ Mpa. Nell'analisi assialsimmetrica (per i dettagli si rimanda alla relazione di calcolo, documento IF3A02EZZRHGN0100001D, si è considerato un diametro di scavo maggiorato di 310 mm radiali, somma del sovrascavo permanente di 130 mm e del copycutter di 60 mm. La pressione al fronte è pari a 5 bar. Si osserva che le deformazioni dell'ammasso chiudono il gap anulare, mostrando un contatto con la coda dello scudo; il valore di convergenza in coda allo scudo è infatti pari a 45 cm, così che considerato il valore di pre-convergenza pari a 15-18 cm circa, si ottiene un valore di convergenza lungo lo scudo pari a 30 cm circa, prossimo al gap anulare disponibile.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 38 di 90

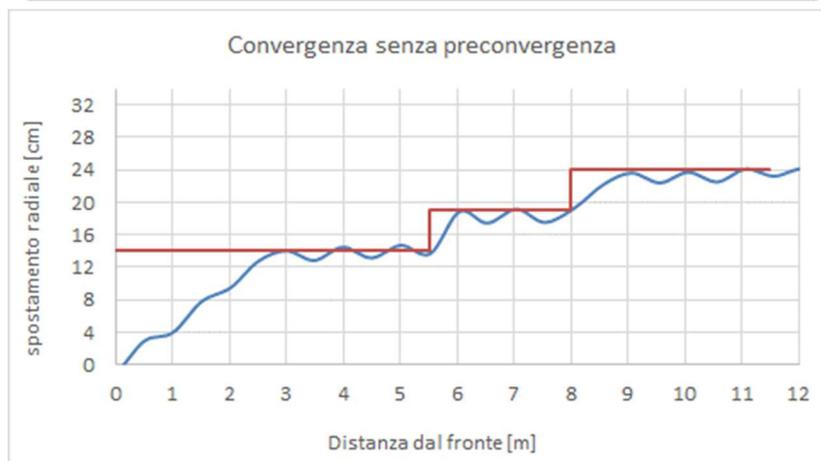
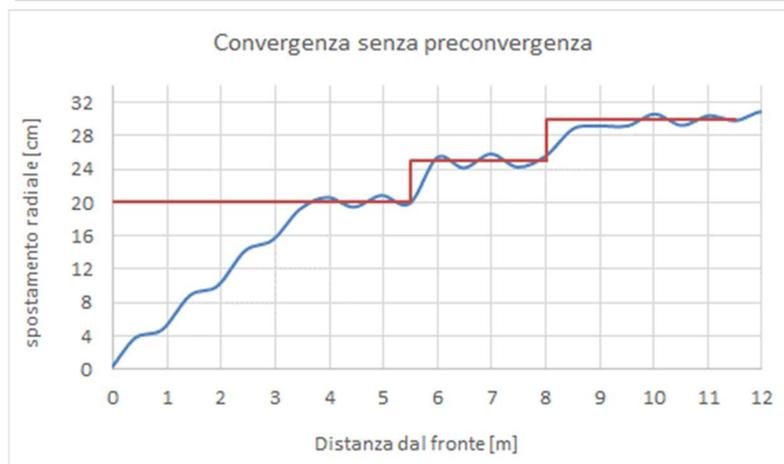
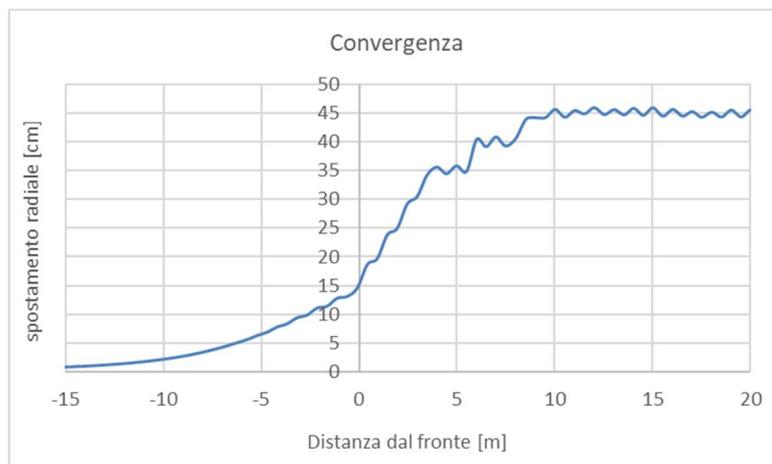


Figura 4-5. LPD Scenario di progetto (gap 310 mm, sopra, e 250 mm, sotto).

Analogo comportamento deformativo lo si ottiene anche ovviamente operando senza l'adozione del sovrascavo di 60 mm (figura 4-5, figura inferiore); la convergenza d'ammasso determina il contatto tra ammasso e scudo, con il generarsi di pressioni superiori a quando derivabile dall'adozione del copy-cutter, come descritto nella relazione di calcolo IF3A02EZZRHGN0100001D.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 39 di 90

In Figura 4-6 si riporta invece il profilo atteso con riferimento ai parametri medi dei moduli, assumendo $\Phi = 24^\circ$, $C' = 40$ kPa e $E = 400$ Mpa, ovvero considerando un più elevato valore del modulo elastico. Anche in questo caso, si osserva come la risposta deformativa determina la chiusura del profilo di scavo verso lo scudo, compensando il sovrascavo eseguito.

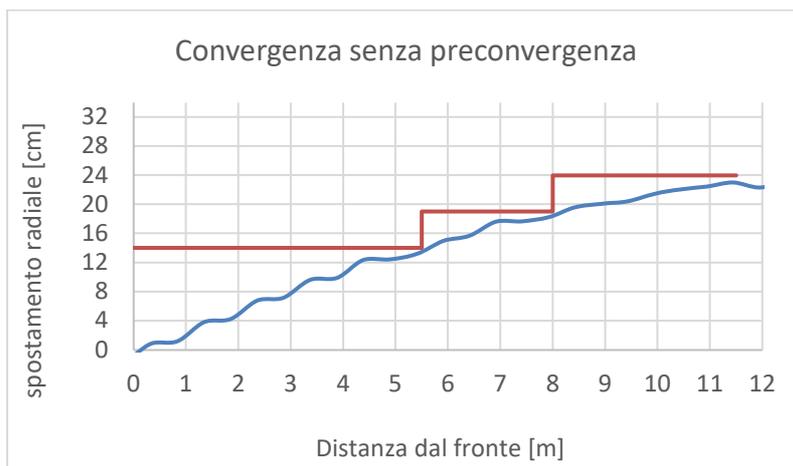


Figura 4-6. LPD Scenario medio.

Con riferimento a quanto già studiato nel lotto Bovino-Orsara per la formazione del Sidone della galleria Orsara, si sono valutati anche scenari geotecnici più ottimistici. Nell'analisi assialsimmetrica, si è considerato un diametro di scavo maggiorato di 250 mm radiali, considerando il solo sovrascavo permanente non rendendosi necessaria l'attivazione del copycutter. La pressione al fronte è pari a 5 bar.

Nel dettaglio:

- Impiegando parametri pari a $\Phi = 25^\circ$, $C' = 60$ kPa e $E = 500$ Mpa, si osserva che le deformazioni dell'ammasso, di valore massimo pari a 200 mm, lascia un minimo residuo a fine scudo di circa 5 cm (Fig. 4-7 sopra).
- Assumendo $\Phi = 25^\circ$, $C' = 70$ kPa e $E = 700$ Mpa e pressione al fronte pari a 1 bar, si osserva che le deformazioni dell'ammasso, di valore massimo pari a 130-140 mm, lasciano un residuo a fine scudo di circa 12 cm, riportando la condizione di gap simile a quella "standard" in assenza di sovrascavo permanente (figura 4-7, sotto).

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 40 di 90

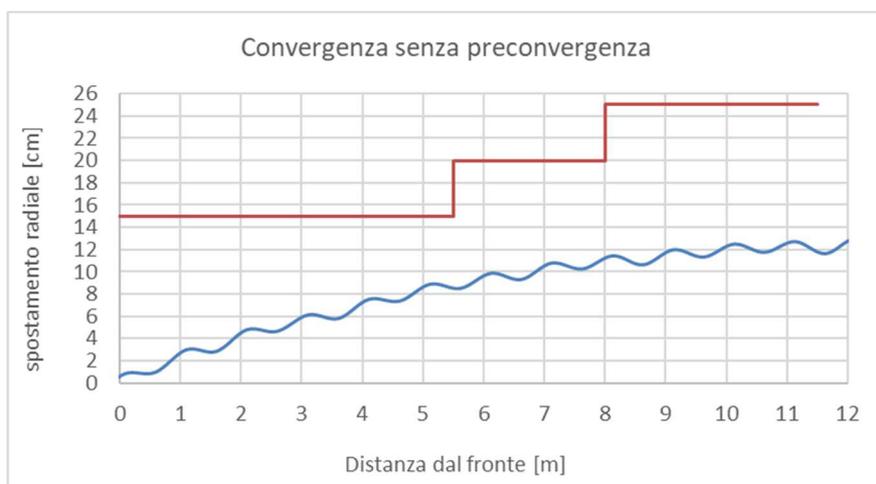
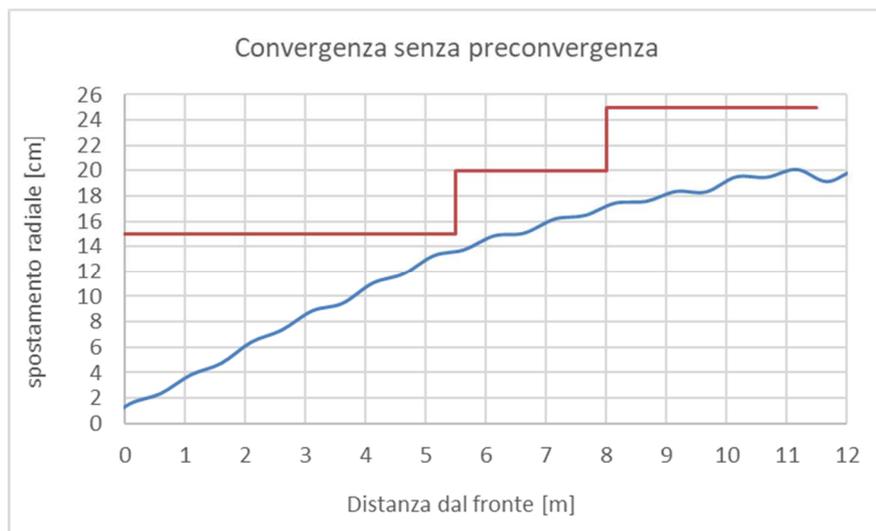


Figura 4-7. LPD Scenario medio-massimo.

5.2.4 SISTEMA DI SPINTA

Per il sistema di spinta si prevede l'impiego di **21 coppie di martinetti**, in virtù della configurazione 7+0 dell'anello di rivestimento. Tale sistema sarà in grado di imprimere:

- una spinta nominale massima di **168.000 kN** con una pressione di lavoro circuito idraulico 400 bar (150.000 kN a 350 bar);
- una extra-spinta eccezionale di **210.000 kN** (pressione di lavoro circuito idraulico 500 bar – condizioni di ripartenza).

La macchina sarà dotata inoltre di un sistema di articolazione degli scudi in grado di esprimere fino a **110 000 kN**. Il potenziamento di tale sistema in termini di spinta massima esercitabile fa sì che esso costituisca in definitiva un apprestamento addizionale tramite il quale incrementare la capacità complessiva di spinta installata sulla macchina. L'azione esercitata dal sistema di articolazione mobilita in modo differenziale gli scudi e, pertanto, contrasta l'azione attrittiva sul mantello dovuta all'insorgere di fenomeni di interazione ammasso / scudo (con scarico di pressione di ammasso sullo scudo di coda). Tale configurazione potrà essere di particolare beneficio

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 41 di 90

nelle possibili condizioni di ripartenza dopo fermo prolungato, costituendo una misura determinante per evitare il blocco degli scudi (intrappolamento) a causa di rilasci tensionali dell'ammasso differiti nel tempo.

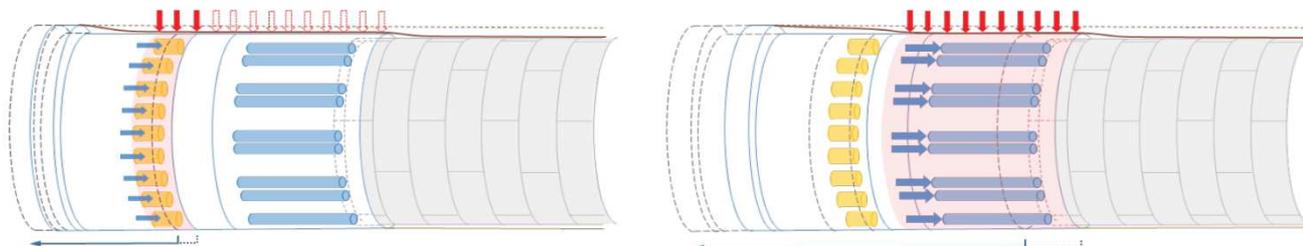


Figura 4-8. Articolazione degli scudi.

L'articolazione attiva tra scudo frontale e scudo intermedio consente inoltre una migliore gestione operativa e guida della macchina, ed in particolare:

- Per compensare la tendenza della macchina a deviare dall'asse senza dover differenziare troppo le spinte sui cilindri principali, conferendo alla macchina una tendenza "neutra" anche in presenza di fronti misti, sottoscavi o sovrascavi, in terreni convergenti;
- Per isolare la spinta sullo scudo anteriore, salvaguardando l'integrità di testa fresante e cuscinetto nei tentativi di sblocco dello scudo di coda, tendenzialmente più soggetto alle convergenze e carichi del terreno;
- Per ripartire la spinta di sblocco della macchina in circostanze eccezionali, sfruttando l'intera spinta principale per il solo scudo di coda ed intermedio.

5.2.5 MISURE ATTE AD EVITARE SOSTE PROLUNGATE NELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA FORMAZIONE DEL FLYSCH ROSSO

Stante la delicatezza dell'attraversamento mediante TBM del settore interessato dalla formazione del Flysch Rosso, in presenza di elevati ricoprimenti, si è prevista una serie di soluzioni tecniche/tecnologiche e logistiche finalizzate a garantire, con elevati margini di sicurezza, le prerogative di continuità e regolarità dell'avanzamento dello scavo meccanizzato e l'abbattimento sostanziale di tutti i fermi macchina non strettamente necessari.

- **Continuous Mining:** è proposta una soluzione all'avanguardia per quanto concerne le dotazioni e gli equipaggiamenti della macchina quale la modalità di funzionamento "continuous mining" che consente di effettuare l'installazione dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati contestualmente all'avanzamento.
- **Allestimento gas:** è previsto un allestimento macchina in grado di operare in ambienti grisoutosi.
- **Sliding Continuous Conveyor (SCC) ed estensione servizi:** la soluzione consta nell'installazione di un nastro unico scorrevole di 1000 m di sviluppo con funzione ponte fra il nastro macchina ed il nastro tunnel ordinario, in grado di avanzare autonomamente seguendo la TBM.
- **Minimizzazione degli interventi di manutenzione sulla testa di scavo:** la testa di taglio TBM sarà a questo scopo oggetto di un design funzionale specifico per massimizzare la vita utile dei componenti, ridurre usure, coppia e consumi in generale, dotandosi delle seguenti disposizioni:
 - a. Posizioni di taglio aumentate sulla testa fresante. la testa fresante è stata configurata con ben 3 livelli di taglio. Questo significa che, nella zona periferica della testa di taglio, per ogni posizione sono stati previsti tre rippers, ciascuno ad un diverso livello (distanza dalla lamiera della testa) così da costituire tre successivi fronti di usura prima di dover intervenire con una manutenzione
 - b. Protezione antiusura integrale su superficie frontale e periferia
 - c. Protezione antiusura sul bordo dello scudo di testa

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGGIO D 42 di 90

- d. Iniezione di acqua ad alta pressione 300 bar (10 l / s) al fronte ed in camera di scavo
- Minimizzazione degli interventi di manutenzione sulla coclea di estrazione, con previsione di:
 - e. placche antiusura su tutta la lunghezza della vite e speciali blocchi antiusura sul bordo della vite
 - f. piastre antiusura saldate sulla superficie interna della cassa della vite per tutta la lunghezza della vite
 - g. finestre di ispezione imbullonate per sostituire piastre/blocchi usurati della vite
 - h. punti di iniezione schiuma per lubrificare la vite e ridurre l'usura
- Minimizzazione degli interventi di manutenzione alle guarnizioni di coda e al sistema di iniezione miscela bicomponente, TBM sarà in particolare equipaggiata con:
 - i. un numero maggiore (10 invece di 8) di linee di iniezione nello scudo di coda, con ulteriori 10 linee installate come ricambio;
 - j. un particolare disegno delle linee di iniezione nello scudo per facilitare gli interventi di manutenzione; le linee saranno costituite da tubazioni completamente accessibili lungo lo scudo al fine di facilitarne la raggiungibilità;
 - k. un sistema per lavaggio automatico ad alta pressione che si attiverà su ogni linea al termine di ogni corsa di scavo della TBM, onde evitare l'ostruzione delle linee.

5.2.6 CONTINUOUS MINING

Le TBM sono dotate del sistema "continuous mining" che consente, attraverso procedure automatizzate, di procedere al montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati contestualmente all'avanzamento.

Per *Continuous Mining* si intende una modalità di funzionamento della TBM che prevede l'avvio dell'assemblaggio dei conci durante la corsa di avanzamento della macchina, contrariamente a quanto avviene nelle macchine monoscudate tradizionali, in cui le fasi di scavo e installazione conci si svolgono in due tempi successivi e distinti; in una TBM dotata di un sistema di *continuous mining*, l'installazione dei conci inizia non appena la TBM ha scavato circa metà della corsa di scavo, quando nello scudo di coda è disponibile uno spazio sufficiente per posare il primo segmento del nuovo anello: questo per evitare di allungare la corsa dei cilindri di spinta, quindi la lunghezza totale degli scudi.

Per l'installazione del primo concio, i corrispondenti cilindri di spinta devono essere temporaneamente retratti e, di conseguenza, i rimanenti pistoni rimangono attivamente in spinta sul resto dell'anello, garantendo che la posizione del centro di spinta della TBM rimanga invariata; questa fase si ripete per tutti i conci installati durante la seconda metà della corsa di scavo.

La redistribuzione della pressione necessaria, per mantenere inalterato il baricentro durante l'avanzamento della TBM, è gestita dal PLC della macchina ed è facilitata da un circuito idraulico appositamente studiato, in grado di estendere i cilindri alla velocità desiderata. La pressione è distribuita nei pistoni attivi per mantenere inalterato il centro di spinta durante lo scavo, con il centro di spinta posizionato leggermente al di sotto dell'asse della TBM, come mostrato nella seguente figura.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 43 di 90

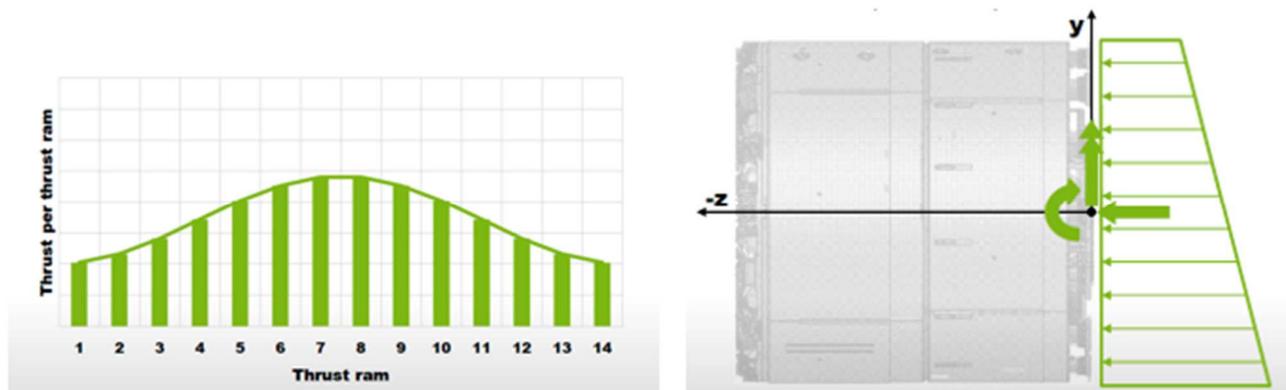


Figura 4-9. Centro di Spinta durante l'esecuzione dello scavo in modalità *continuous mining*

La pressione varia tra i diversi cilindri e, durante l'installazione del segmento, il PLC gestisce il circuito idraulico per la regolazione della pressione sui pistoni in azione reagendo prontamente ad ogni variazione della distribuzione della spinta, attraverso la misura della pressione effettiva in ogni singolo cilindro, con limitazione anche della pressione massima. La spinta massima applicabile al singolo martinetto è pari a 90 kN per il concio tipo 1 e 110 kN per il concio tipo 2 (si veda capitolo 16.8 della Relazione di calcolo, documento IF3A02EZZRHGN0100001D).

Nelle TBM selezionate per il progetto sono previste 21 coppie di cilindri idraulici adatti, 3 per ciascuno dei 7 conci dell'anello. Le variazioni di pressione necessarie per mantenere inalterata la posizione del centro di spinta durante l'avanzamento non comportano il rischio di superare il limite della macchina né la capacità di spinta del segmento. Questo metodo limita l'aumento della pressione sui pistoni attivi fino a non più del 10-15% della pressione standard di avanzamento e riduce il rischio di intrappolamento poiché consente alla TBM di avanzare pressoché continuamente, con sempre e comunque un aumento di efficienza di scavo. In **Allegato 1** si riporta una breve presentazione che riporta i principi di funzionamento ed i principali vantaggi operativi.

In generale non l'intero anello viene montato contestualmente la fase di avanzamento della TBM, ma viene comunque considerata una minima fase di fermo, che l'Appaltatore ha, al momento, valutato nel tempo necessario per montare 2 conci sui 7 costituenti l'anello di rivestimento (gli altri 5 anelli verranno montati contestualmente l'avanzamento della TBM).

Tutte e quattro le TBM saranno dotate del sistema di "continuous mining", sia quelle che avanzano dall'imbocco lato Bari, sia quelle da Napoli. L'ipotesi è di impiegare il sistema il più possibile durante gli avanzamenti, estendendolo per l'intero tracciato delle gallerie scudate.

5.2.7 MODALITÀ DI AVANZAMENTO E RIEMPIMENTO A TERGO DEI CONCI

Le modalità di avanzamento da adottare per lo scavo meccanizzato in funzione del contesto geologico-geomeccanico di intervento, descritte nel capitolo seguente, individuano settori di galleria dove lo scavo dovrà avvenire in modalità "closed" a fronte chiuso, con camera di scavo in pressione, e settori dove si potrà adottare modalità "open" o "semi-open" stante le condizioni di stabilità dei fronti di scavo sulla base di analisi delle condizioni geotecniche. Le modalità dovranno però essere calibrate in corso d'opera anche tenendo conto degli aspetti legati alla presenza di gas lungo il tracciato della galleria, condizione che, stante le evidenze raccolte, impone di operare a camera piena, in "modalità close mode" (con un valore minimo di pressione pari a 0.5-1.0 bar in calotta).

Il sistema di riempimento a tergo dei conci dipenderà anche se la galleria si colloca in un tratto dove è necessario, in virtù dei più elevati carichi idraulici, operare un'azione di drenaggio per abbattere le pressioni idrostatiche a tergo del rivestimento in conci prefabbricati. In questo caso, infatti, occorrerà impiegare riempimento mediante pea-gravel (o miscela bicomponente drenante, con permeabilità pari a 10^{-4} m/s) e predisporre dreni per lo smaltimento

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 44 di 90

dell'acqua; diversamente, nei settori di galleria impermeabile, il riempimento sarà effettuato con miscela bicomponente. Al riguardo i profili geomeccanici individuano le sezioni tipo di drenaggio da adottare (DR1, 2 e 3).

Per la verifica dei quantitativi di riempimento a tergo dei conci si impiegheranno sistemi avanzati, costituiti da tecnologia della **tomografia ultrasonica Pulse-Echo** basata sulla riflessione di brevi impulsi di onde elastiche in corrispondenza dell'estradosso dei conci di rivestimento della galleria e la tecnica **Ground Penetrating Radar (GPR)**, grazie alla quale la verifica dell'omogeneità del riempimento alle spalle dei conci di galleria può essere efficacemente realizzata sulla base della differenza di impedenza elettromagnetica tra i vuoti ed il materiale di riempimento.

Uno specifico campo prova dovrà essere condotto all'avvio della TBM per mettere a punto le modalità di controllo e per la taratura delle tecnologie sopra descritte.

Come riportato in **allegato 2**, si evidenzia che l'impianto di iniezione è stato dimensionato con una capacità sufficiente ad assicurare il riempimento della camera anche nel caso che, per qualsiasi motivo, oggi non prevedibile, l'intero gap teorico massimo (quindi con i 130 mm di overcutting) fosse attivo in una tratta a convergenza zero.

In particolare, si ha che:

- Diametro di scavo con massimo overcutting: 10.180 mm
- Diametro di estradosso rivestimento: 9.400 mm
- Volume da riempire con avanzamento di 60 mm/min: 43,16 m³/ora
- Capacità impianto di iniezione: 56 m³/ora

Al fine di valutare in corso d'opera il corretto riempimento a tergo degli anelli, sui profili geomeccanici sono stati indicati, per ciascun settore, un range di volume il cui valore massimo rappresenta lo spazio teorico del gap anulare tra scavo ed estradosso concio, mentre il valore minimo è stato stimato, cautelativamente, a partire da un valore di convergenza dell'ammasso in coda allo scudo. In particolare, in considerazione delle analisi condotte nell'ottica di fornire un range dei volumi di riempimento minimi che potessero tenere in conto anche eventuali deformazioni non schematizzabili dalle analisi numeriche, si è associato, per la TBM lato Bari, con R pari a 4.96 m, un valore di convergenza radiale di 2 cm ai contesti del Flysch del Faeto, facies calcarea, di 6 cm al contesto del Flysch del Faeto facies marnoso-argillosa, alle formazioni del Toppo Capuana e delle Argille e sabbie del Monte Vallone, alle evaporiti di Monte Castello calcareo-brecciosi e alla formazione del Torrente Fiumarella; 12cm sono previsti per le restanti unità.

Il volume ΔV da riempire con il backfilling si ottiene sottraendo dal Volume di scavo il volume individuato dal rivestimento definitivo (calcolato rispetto a R_{ext}), tenuto conto delle possibili convergenze del cavo. Nella seguente tabella si riportano i range dei valori attesi per il raggio teorico di scavo lato Bari, pari a 4.96 m (diametro di scavo 9.920 mm).

Tabella 2 – Stima del volume di backfilling

Stima del volume di backfilling R=4.96m

Convergenza [m]	R_{conv} [m]	V [m ³ /m]	V [m ³ /m] da $R_{ext}=4.7m$	ΔV [m ³ /m]	Range ΔV [m ³ /m]
	4.96	77.3	69.4	7.9	
0.02	4.94	76.7	69.4	7.3	7.3 – 7.9
0.06	4.90	75.4	69.4	6.0	6.0 – 7.9
0.12	4.84	73.6	69.4	4.2	4.2 – 7.9

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 45 di 90

Nel passaggio nel FYR, il raggio di scavo viene maggiorato a 5.09m, aumentando il ΔV teorico a 12m³. Mentre per le altre unità è fissato il valore massimo di ΔV (7.9m³/m), in questo caso il limite teorico superiore di assenza di convergenza si ritiene improbabile mentre è realistico il limite inferiore, dato dal contatto sullo scudo (4.2m³/m); come limite superiore per il range ΔV si considera il caso di convergenza pari a 20cm. Per CTLA e APC, interessati dall'incremento del raggio di scavo, si considera come limite superiore una convergenza di 12cm.

Tabella 3 – Stima del volume di backfilling – FYR/CTLa/APC

Convergenza [m]	R _{conv} [m]	V [m ³ /m]	V [m ³ /m] da R _{ext} =4.7m	ΔV [m ³ /m]	Range ΔV [m ³ /m]
	5.09	81.4	69.4	12.0	
0.12	4.97	77.6	69.4	8.2	4.2 – 8.2
0.20	4.89	75.1	69.4	5.7	4.2 – 5.7
0.25	4.84	73.6	69.4	4.2	

Nel caso di utilizzo del copy-cutter, attivato in caso di rilevamento di contatto del terreno sullo scudo, il valore di volume di backfilling da iniettare tenderà al valore minimo di 4.2m³/m.

5.2.8 CONDIZIONAMENTO TERRENI ED UTENSILI

Il condizionamento del terreno all'interno della camera di scavo verrà definito in dettaglio dall'Appaltatore considerando in particolare che nel settore in esame, caratterizzato da materiali argillosi, vi è un elevato rischio di "clogging", verso il quale potrà rendersi necessario l'impiego di additivi ad hoc in aggiunta agli ordinari agenti schiumogeni. Particolare attenzione dovrà essere posta ai materiali della Formazione del Flysch Rosso, delle Argille del Calaggio (APC), stante anche la disomogeneità litologica del materiale, che, accanto ad una matrice argilloso-pelitica, potrebbe contenere componenti lapidee, calcareo-marnose e/o arenacee.

Attraverso un apposito studio, già condiviso con la committenza nel documento "Studi di carattere geotecnico e chimico/ecotossicologico del condizionamento per lo scavo meccanizzato di gallerie con TBM-EPB e Schede dei prodotti condizionanti" IF3A02EZZSHMD0000001 sono stati individuati, al riguardo, gli agenti condizionanti ed i relativi dosaggi efficaci per ridurre la tendenza del materiale ad aggregarsi ed ostruire le aperture della testa e la camera di scavo.

Tali aspetti saranno tenuti in conto, con il Costruttore della TBM, anche per la definizione degli utensili di scavo, che dovranno garantire una adeguata flessibilità in relazione alla varietà di rigidità dei materiali scavati.

La testa di scavo dovrà pertanto essere, pertanto, progettata per poter gestire efficacemente condizioni di avanzamento anche in presenza di fronti misti (inclusioni calcaree più competenti in matrice pelitica), prevedendo idonei dispositivi per l'agevole sostituzione degli utensili di scavo in relazione alla variabilità litologica dell'ammasso da scavare. La progettazione della testa di scavo dovrà essere elaborata per conseguire un efficiente avanzamento nei due contesti inquadabili come estremi entro le quali si svilupperanno tutte le condizioni di lavoro previste ovvero:

- fronti costituiti da materiale argilloso, localmente anche di elevata plasticità, nei passaggi entro la facies argillosa del FYR, APC, AVV, STF2, BVNb e BNA
- fronti misti con prevalenza di inclusi litoidi, quali gli ammassi appartenenti alla Formazione del Flysch del Faeto (FAE), nelle sue facies marnoso-argilloso e calcareo, calcareo-marnoso.

Le teste delle TBM prevedono un coefficiente di apertura elevato (dell'ordine di circa il 38%), per permettere un funzionamento EPB ortodosso e limitare i fenomeni di clogging tipici della tipologia di formazioni, specialmente nella zona centrale della testa. Un confronto visivo tra la testa di una TBM EPB standard e la testa delle 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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 46 di 90

previste per la galleria *Hirpinia* evidenzia chiaramente la maggiore apertura di queste ultime, specie nella zona centrale.

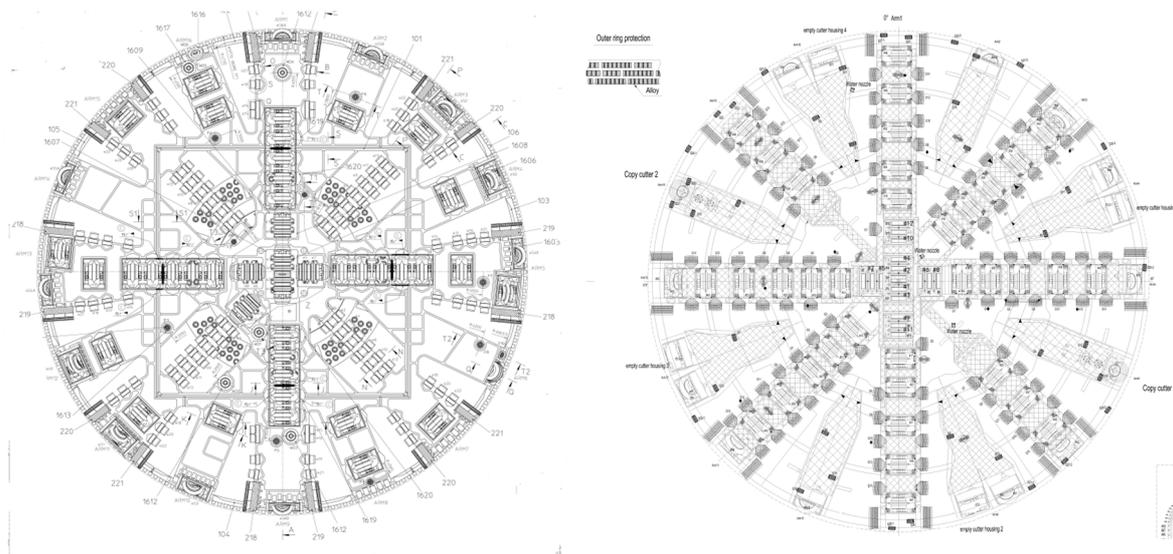


Figura 4-10. Confronto tra la testa di taglio TBM COCIV sn1044 (sinistra) e la testa di taglio TBM Hirpinia lato Bari

5.2.9 DOTAZIONI SPECIALI

Allo scopo di gestire efficacemente passaggi potenzialmente critici lungo il tracciato, la macchina dovrà essere dotata in particolare dei seguenti dispositivi:

- sistema di perforazione per la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento rispetto al fronte; le TBM saranno dotate di due perforatrici in grado di lavorare in contemporanea;
- sistema di perforazione per la realizzazione di un ombrello di iniezioni di consolidamento al contorno del cavo ed al fronte, nonché di aste drenanti, in avanzamento rispetto al fronte di scavo;
- celle di pressione sullo scudo per rilevazione stato tensionale indotto da rilasci tensionali dell'ammasso;
- sistema di controllo dimensionale del vuoto anulare tra estradosso dello scudo e profilo di scavo, di tipo automatizzato;
- possibilità di iniettare agenti lubrificanti dall'interno dello scudo all'interfaccia tra questo ed il terreno;
- L'impianto di *dewatering* è sdoppiato in due impianti indipendenti, ciascuno avente una capacità di pompaggio pari alla massima portata prevista. In particolare, in caso di falde con elevata portata e pressione che rendessero difficile il controllo e la gestione dei flussi al fronte attraverso la coclea, è stata prevista l'installazione di una pompa in grado di drenare l'acqua dalla calotta della camera di scavo e pomparla nel circuito di *dewatering*.

5.2.10 DOTAZIONI PER GLI AVANZAMENTI IN AMBIENTI GRISUTOSI

La TBM sarà attrezzata per operare in ambiente grisutoso secondo le **specifiche della NIR 44**. L'attività di avanzamento e scavo dovrà essere compartimentata per settori, così da evitare diffusione di gas nell'ambiente di lavoro. Si dovrà, in presenza di gas, operare lo scavo a camera piena, e prevedere dotazioni di "confinamento" del percorso di smarino del materiale estratto (Coclea e nastro trasportatore), fino a settori di galleria protetti. Dovranno essere anche attivati sistemi di monitoraggio e controllo della concentrazione di gas in atmosfera.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 47 di 90

Per il dettaglio delle attrezzature da prevedersi e delle procedure da impiegare si rimanda ai documenti sulla sicurezza ed agli specifici allegati al PSC prodotti dalla società specialistica Collins, documento “Miscele esplosive in sotterraneo – Relazione tecnica – Documento contro le esplosioni – Galleria Hirpinia” allegato alla relazione del PSC “Sezione particolare – Rischi specifici” IF3A02EZZPUSZ00B0001.

5.2.11 QUADRO DI RIEPILOGO

Nella seguente tabella si riporta la sintesi dei parametri tecnici delle TBM in avanzamento dall’imbocco Bari.

Diametro scavo nominale	9.920 mm
Extra-scavo radiale	190 mm (130+60)
Diametro scavo massimo	10.300 mm
Conicità scudo	100 mm (50 + 50)
Lunghezza scudo	11.50 m (5.5+2.5+3.5)
Pressione supportata scudo centrale	15 bar
Pressione supportata scudo coda	10 bar
Dispositivi di lubrificazione scudo	Presenti
Pressione al fronte (camera di scavo)	5 bar
Pressione al contorno scudo	5 bar (bentonite)
Spinta nominale	150-160 MN
Spinta di sblocco (ripartenza)	210 MN
Presenza articolazione	Si
Spinta articolazione intermedia	110 MN
Anello di rivestimento	7+0 (L=1.80 m)
Classe calcestruzzo	C50/60 (settore FYR FAE/FYR come da profilo)

Un’illustrazione di dettaglio delle specifiche tecniche della TBM, comprensiva di valutazioni circa la stima degli avanzamenti è riportata, a cura dell’Appaltatore, in **Allegato 3**.

5.3 SPECIFICHE TECNICHE TBM IN AVANZAMENTO DA NAPOLI

Per le due TBM in avanzamento dall’imbocco lato Napoli, si sono impiegate caratteristiche della macchina più ordinarie in termini di geometria di scavo; rispetto a quanto previsto in sede di Progetto Definitivo si è comunque previsto un potenziamento della TBM considerando il fatto che la macchina dovrà allungare di circa 1,6 km il tratto da scavare e che è necessario ridurre al minimo i rischi di soste per locali criticità geologiche al fine di rispettare il cronoprogramma previsto per lo svolgimento del lavoro. Si è previsto in particolare il potenziamento delle spinte, i dispositivi per la manutenzione in parte in ombra all’avanzamento e, soprattutto, il sistema “continuous mining” che consente la posa dell’anello di conci prefabbricati in buona parte contestualmente all’avanzamento dello scavo.

Quale diametro di scavo si è previsto il valore di 9820 mm, rispetto al diametro di 9760 mm previsto in sede di PD. L’incremento, pari a 30 mm sul raggio, è correlato alla necessità di incrementare la conicità della TBM al fine di meglio gestire il profilo di scavo nei terreni più spingenti, quali ad esempio il BNA2 in presenza delle coperture

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 48 di 90

massime che arrivano anche a 200 m. Si è previsto un valore di conicità pari a 70 mm, come somma dei 20 mm tra cutterhead e diametro dello scudo di testo, più ulteriori 50 mm lungo lo scudo, suddivisi in due settori da 25 mm ciascuno (tra scudo di testa e settore centrale + settore centrale e scudo di coda). Sarà inoltre possibile attivare copy cutter idraulici per incrementare di ulteriori 60 mm radiali il profilo di scavo ed incrementare la conicità complessiva a 130 mm.

Analogamente si è ritenuto opportuno incrementare la spinta della TBM, dal valore di 150 MN previsto in PD, al valore nominale di circa 168 MN con la possibilità di arrivare ad esercitare spinte massime fino a 209 MN nell'ipotesi di incrementare la pressione del circuito dei pistoni a 500 bar. Tale maggiore spinta può essere particolarmente utile in situazioni di sblocco della TBM, che potrebbero verificarsi in corrispondenza di eventuali criticità geologiche locali. Anche per questa TBM è stata inoltre prevista un sistema di articolazione al termine del settore di testa dello scudo, con spinta pari a 110 MN.

Al fine di tenere sotto controllo l'interazione ammasso-scudo anche tale macchina sarà equipaggiata con dispositivi di controllo delle pressioni di ammasso agenti sullo scudo (3 celle di pressione per ciascuno dei tre settori costituenti lo scudo). Sempre in termini di equipaggiamento strumentale, saranno installati 3 dispositivi tipo fontimetro sugli scudi (numero 3 per ciascun settore) finalizzati al controllo dimensionale dello spessore dell'intercapedine ammasso-scudo. Gli scudi saranno inoltre dotati di un sistema di lubrificazione all'estradosso scudi con iniezione di bentonite, realizzato con tre anelli di iniettori, uno per scudo, ciascuno composto da 12 iniettori. In particolare, il sistema sarà debitamente potenziato per iniettare / intasare l'intercapedine anulare scudo / roccia con bentonite sino alla pressione massima di 5 bar. La pressione massima sostenibile dallo scudo è pari a 10 bar.

Per quanto riguarda i volumi di riempimento a tergo dei conci prefabbricati, per la TBM lato Napoli, con R pari a 4.91m (diametro di scavo 9820 mm), sono stati considerati due possibili scenari di convergenza: 2 e 7cm, fino al contatto con lo scudo (R=4.84m). Il volume ΔV da riempire con il backfilling si ottiene sottraendo dal Volume di scavo il volume individuato dal rivestimento definitivo (calcolato rispetto a R_{ext}), tenuto conto delle possibili convergenze del cavo. Nella seguente tabella si riportano i range dei valori attesi per la macchina lato Napoli.

Stima del volume di backfilling R=4.91m

Convergenza [m]	R_{conv} [m]	V [m ³ /m]	V [m ³ /m] da $R_{ext}=4.7m$	ΔV [m ³ /m]	Range ΔV [m ³ /m]
	4.91	75.7	69.4	6.3	
0.02	4.89	75.1	69.4	5.7	5.7 – 6.3
0.07	4.84	73.6	69.4	4.2	4.2 – 6.3

La macchina risulta inoltre rispondente alle specifiche tecniche indicate nell'elaborato di appalto IF1V02D07SPGN0100001A, "Specifiche tecniche TBM". In particolare, si prevede la presenza dei seguenti dispositivi:

- sistema di perforazione per la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento rispetto al fronte;
- sistema di perforazione per la realizzazione di un ombrello di iniezioni di consolidamento al contorno del cavo ed al fronte, nonché di aste drenanti, in avanzamento rispetto al fronte di scavo;
- sistema di controllo dimensionale del vuoto anulare tra estradosso dello scudo e profilo di scavo, di tipo automatizzato;
- possibilità di iniettare agenti lubrificanti dall'interno dello scudo all'interfaccia tra questo ed il terreno.

La TBM sarà attrezzata per operare in ambiente grisuto secondo le **specifiche della NIR 44**. L'attività di avanzamento e scavo dovrà essere compartimentata per settori, così da evitare diffusione di gas nell'ambiente di lavoro. Si dovrà, in presenza di gas, operare lo scavo a camera piena, e prevedere dotazioni di "confinamento" del

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 49 di 90

percorso di smarino del materiale estratto (Coclea e nastro trasportatore), fino a settori di galleria protetti. Dovranno essere anche attivati sistemi di monitoraggio e controllo della concentrazione di gas in atmosfera. Per il dettaglio delle attrezzature da prevedersi e delle procedure da impiegare si rimanda ai documenti sulla sicurezza ed agli specifici allegati al PSC prodotti dalla società specialistica Collins, documento “Miscele esplosive in sotterraneo – Relazione tecnica – Documento contro le esplosioni – Galleria Hirpinia” allegato alla relazione del PSC “Sezione particolare – Rischi specifici” IF3A02EZZPUSZ00B0001.

Nell'ipotesi che le macchine lato Napoli debbano essere impiegate per proseguire gli scavi verso l'imbocco Bari, oltre il camerone di innesto della Finestra F1 (scenario fuori progetto, da eventualmente impiegarsi per la gestione dei rischi residui, come illustrato al capitolo 8.7), le attività di riconfigurazione che dovranno essere condotte nel camerone, prima di procedere con la ripartenza, prevedono:

- la modifica della conicità degli scudi che sarà adeguata a quella delle macchine lato Bari, ovvero prevedendo salti di 50 mm tra il settore di coda e quello intermedio ed altri 50 mm dal settore intermedio e quello di testa;
- la modifica della testa della TBM, predisponendo il montaggio degli utensili e spessori necessari allo scavo con le geometrie dell'overcutting, ovvero + 130 mm sul raggio di scavo nominale.

La sosta nel camerone della finestra F1 consentirà una manutenzione straordinaria anche agli equipaggiamenti della TBM.

Le TBM, così configurate, saranno quindi idonee ad affrontare i contesti più scadenti presenti nel settore centrale della galleria; inoltre, le osservazioni raccolte durante gli avanzamenti dall'imbocco Bari nel settore critico, consentiranno di valutare eventuali ulteriori “aggiustamenti” riguardo alle specifiche da adottare nella riconfigurazione delle TBM in arrivo dall'imbocco lato Napoli, tra le quali la resistenza degli scudi e la necessità di eventuali rinforzi.

APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV	Soci WEBUILD ITALIA	PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI							
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A			Mandanti NET ENGINEERING ELETTRI-FER			PINI	GCF	RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato			COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 50 di 90					

6 MODALITA' DI AVANZAMENTO E PARAMETRI OPERATIVI

6.1 MODALITÀ DI AVANZAMENTO

La macchina sarà attrezzata per avanzare in **modalità chiusa** laddove le condizioni geomeccaniche lo richiedano (in cui il materiale di scavo in pressione all'interno della camera di scavo consente di contrastare le pressioni dell'ammasso e l'eventuale spinta idrostatica, come indicato schematicamente in Figura 4-1).

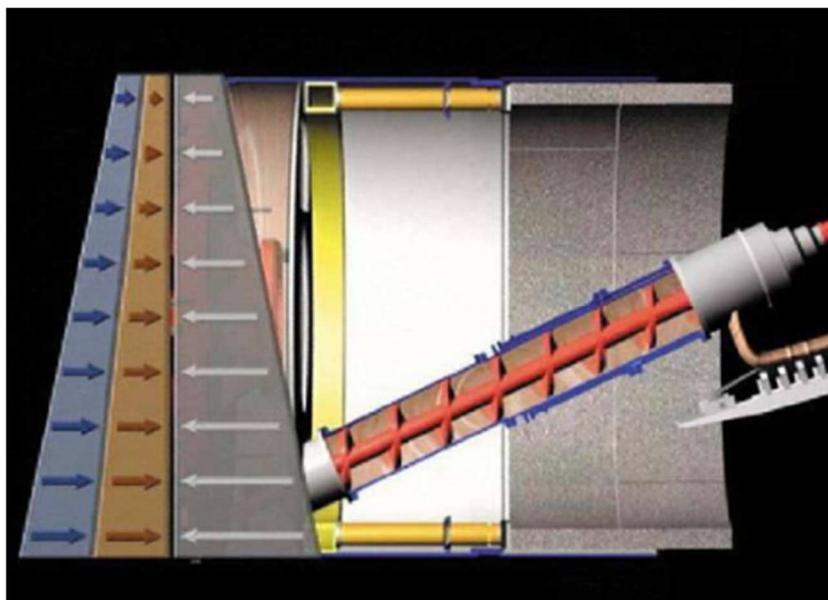


Figura 4-1 – TBM-EPB – Schema funzionamento in modalità chiusa: la pressione di bilanciamento in camera di scavo (in grigio) consente di contrastare le pressioni dell'ammasso al fronte (marrone) e della spinta idrostatica (azzurro)

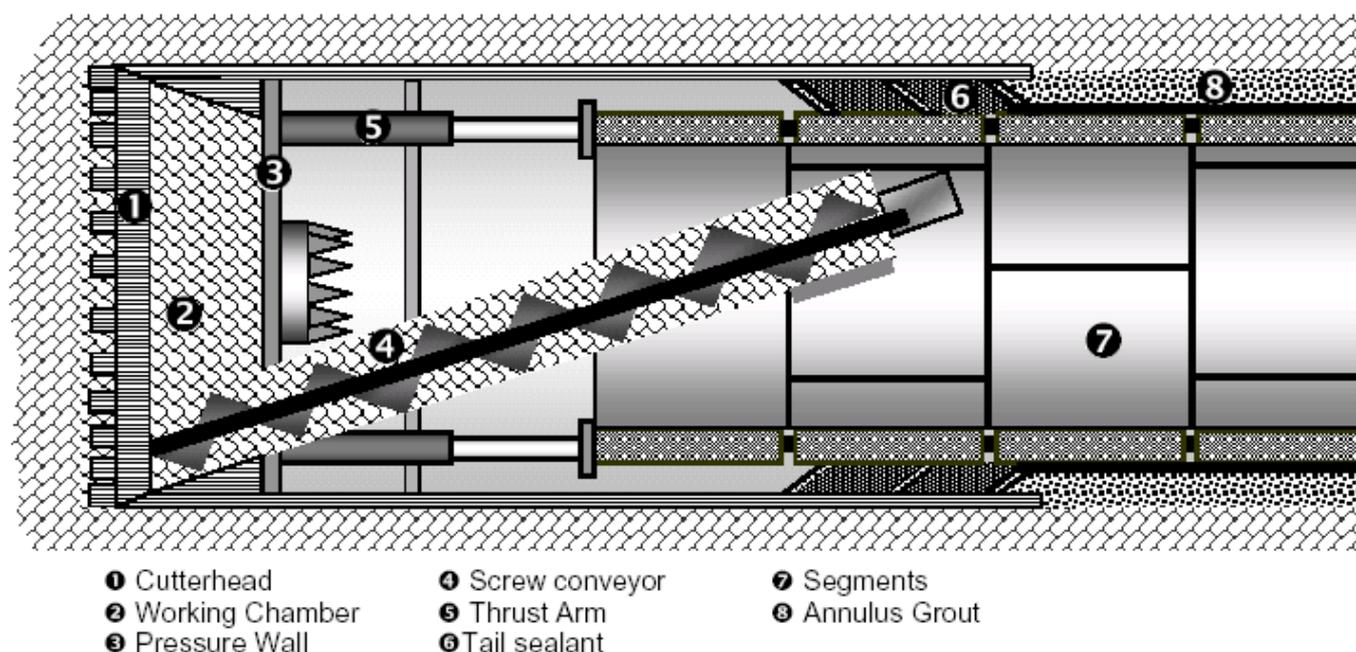
L'avanzamento avverrà mantenendo la camera di scavo costantemente e completamente piena del materiale estratto, opportunamente condizionato, in modo da garantire una distribuzione omogenea ed uniforme di pressione di terra al fronte, senza cali di pressione tra una spinta e quella successiva. Contestualmente all'avanzamento dovrà essere operato anche l'intasamento dell'intercapedine concia/parete di scavo, mediante iniezione di backfilling da effettuarsi con pressioni adeguate, sempre leggermente superiori rispetto alla pressione mantenuta in camera di scavo (**circa 0,5 bar**), così da evitare il rifluimento di materiale condizionato e schiuma verso la coda dello scudo. In alcuni settori, come già rappresentato al capitolo 4.1, dal punto di vista delle valutazioni geotecniche si potrebbe invece operare in **modalità aperta**, fatte salve le verifiche sulla presenza di gas che impongono di mantenere sempre la camera piena.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 51 di 90

6.2 PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO

Le TBM adottate per lo scavo della galleria Hirpinia è una macchina del tipo EPB (Earth Pressure Balance), dove il sostegno del fronte avviene per mezzo dello stesso terreno scavato (opportunamente condizionato), che è mantenuto in pressione all'interno della camera di scavo attraverso i martinetti di spinta dello scudo, che trasferiscono la pressione al diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo, e quindi al terreno scavato. Il materiale scavato viene rimosso dalla camera di scavo attraverso una coclea (screw conveyor), che permette la riduzione progressiva della pressione. La macchina è costituita da una testa rotante (ruota con razze porta utensili), scudo protettivo, sistema di spinta con martinetti longitudinali che contrastano sul rivestimento in conci prefabbricati.

Una parete stagna (bulkhead o pressure wall) separa la galleria dalla parte anteriore dello scudo dove agisce la testa di scavo, creando la cosiddetta "camera di scavo". Si tratta in sostanza di provocare un "accumulo" di materiale nella camera di scavo controllandone l'evacuazione, e misurare la "pressione di terra" che ne consegue, assicurando che il suo valore venga mantenuto conforme alle necessità derivanti dai calcoli di stabilità. Il materiale di risulta viene estratto dalla camera di scavo mediante una vite senza fine o coclea, che rappresenta anche il mezzo di regolazione e controllo della quantità di materiale estratto.



1 = testa di taglio, 2 = camera di scavo, 3 = diaframma di separazione tra scudo e camera di scavo, 4 = coclea di smarino, 5 = martinetti di spinta, 6 = sigillante di coda, 7 = rivestimento in conci prefabbricati, 8 = iniezioni di intasamento a tergo dei conci del rivestimento.

Figura 4-2 – Schema di uno scudo chiuso a contropressione di terra (Earth Pressure Balance Machines: EPBMs)

Le terre e rocce scavate vengono, nella fase di scavo, condizionate con degli additivi che rendono omogeneo il materiale al fine di migliorare la sua pastosità e omogeneità per gestire la pressione all'interno della camera e per utilizzare correttamente la coclea durante l'evacuazione.

Rimandando alla Relazione di Calcolo per tutti i dettagli relativi alla definizione delle pressioni di avanzamento nei diversi tratti di galleria si osserva che le analisi effettuate indicano la necessità di avanzare in modalità "closed" per formazioni riportate nella seguente tabella.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 52 di 90

Tabella 4 – Avanzamento in modalità chiusa - Valori della contropressione al fronte

Formazione	P _{min} [bar]	P _{max} [bar]
Argille e Sabbie del Vallone Meridiano (BVNb)	0	2
Formazione di Toppa Capuana (TPC)	1	2
Flysch Rosso (FYR)	2	5
Evaporiti Di Monte Castello Calcarea-Brecciosi (CTLa)	1	3
Argilliti Policrome Del Calaggio (APC)	1	5
Peliti Di Difesa Grande (STF2)	1	3
Membro Pelitico-Arenaceo Del Fiume Miscano (BNA2)	1	3
Membro Di Flumeri Delle Molasse Di Anzano (ANZ2, ANZ2a)	3	5
Formazione Del Torrente Fiumarella (TFR, TFRa)	1	4

L'avanzamento della macchina avviene per mezzo di appositi martinetti di spinta, spingendo sui conci prefabbricati che costituiscono il rivestimento della galleria posizionati immediatamente a tergo dello scudo, ne consentono il movimento. La spinta imposta dai martinetti deve garantire il bilanciamento dei seguenti contributi:

3. Forza dovuta all'attrito macchina-terreno;
4. Forza corrispondente alla pressione applicata al fronte;
5. Forza necessaria allo scavo (cutter per la disgregazione dell'ammasso);
6. Forza dovuta alla presenza delle spazzole e del cutting edge;
7. Peso della TBM e del back-up da trascinare.

Anche per queste valutazioni si rimanda al dettaglio delle analisi condotte nella relazione di calcolo; nella seguente tabella si riporta la stima delle spinte massime nei principali settori della galleria, in funzione delle formazioni geologiche attraversate.

Figura 2 – Stima delle spinte in esercizio della macchina in fase di spinta

AN.	μ	R	L* σ_m	W _{sk}	A _{exc}	P _f	W _{sup}	W _{sh}	ΣW	CONCIO TIPO
	[-]	[m]	[kPa*m]	[kN]	[m ²]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	
FAEam_4	0.2	5.02	5250	35,319	79	0	0	410	49,729	1
FAEma_7	0.35	4.96	3000	36,573	77	0	0	405	50,978	1
FAEc_4	0.35	4.96	2000	25,665	77	0	0	405	40,070	1
BVNb_5	0.2	4.96	3000	20,899	77	300	23,186	405	58,490	1
TPC_2	0.2	4.96	7000	45,830	77	200	15,458	405	75,693	1
FYR_5	0.2	5.15	6000	41,030	83	500	41,661	421	97,112	2
CTLa_1	0.35	5.09	0	3,850	81	100	8,139	416	26,405	1
APC_3	0.35	5.09	2000	26,237	81	200	16,279	416	56,931	1
STF2_3	0.2	4.97	2559	18,183	78	300	23,280	406	55,869	1
BNA2_4	0.35	4.97	0	3,850	78	300	23,280	406	41,536	1
ANZ2_1	0.2	4.97	5500	36,550	78	500	38,800	406	89,756	1
TFR_2	0.2	4.91	6500	42,306	76	400	30,295	401	87,002	1
CTLa_pel	0.35	5.15	0	3,850	83	300	24,900	421	43,171	1
FYR_250	0.2	5.09	6000	40,578	81	500	40,500	416	95,493	2
FYR_med	0.35	5.09	2500	31,834	81	500	40,500	416	86,749	2
FYR_scu	0.2	5.09	8250	54,969	81	500	40,500	416	109,885	2
FAEFYR	0.35	5.09	1000	15,043	81	500	40,500	416	69,959	2

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 Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 53 di 90

In sintesi, la spinta massima prevista per le due tipologie di concio previste in progetto (concio Tipo 1, realizzato con cls di classe C35/45 e Concio tipo 2 con cls C50/60) risulta dalla seguente tabella.

Tabella 3 – Stima delle spinte in esercizio della macchina in fase di spinta

Tipologia Conci	Spinta TBM (MN)
Tipo 1	90
Tipo 2	110

Come riportato precedentemente, la macchina è in realtà dispone di spinte massime decisamente superiori, al fine di gestire situazioni eccezionali che dovessero riscontarsi lungo il tracciato e soprattutto per gestire situazione di ripartenza che dovessero verificarsi in contesti spingenti, che possano generare sovrappressioni sugli scudi. Alcuni scenari sono stati considerati nella relazione di calcolo.

Contestualmente all'avanzamento dovrà essere operato anche l'intasamento dell'intercapedine conci/parete di scavo, mediante iniezione di miscela di backfilling da effettuarsi con pressioni adeguate, sempre leggermente superiori rispetto alla pressione mantenuta in camera di scavo (circa 0,5bar, max.1,0 bar), così da evitare il rifluimento di materiale condizionato e schiuma verso la coda dello scudo.

Il dettaglio delle modalità di avanzamento è riportato nei "Profili Geomeccanici" di progetto. Una sintesi è anche riportata nella seguente tabella, riferita al binario dispari, che riporta le tipologie di interventi previsti nei diversi contesti di scavo, indicando la pressione da mantenere al fronte, le spinte previste, i sovrascavi e la tipologia dei conci prefabbricati.

Come riportato sui profili geotecnici/geomeccanici, con riferimento alla presenza del gas, si richiama la necessità di operare lo scavo in meccanizzato secondo le prescrizioni contenute nella NIR44 e in particolare l'avanzamento degli scavi in TBM dovrà essere condotto a camera piena con pressione minima al fronte (> 0.5-1.0 bar in calotta); al riguardo si rimanda alle procedure riportate nel PSC (documento "Miscele esplosive in sotterraneo – Relazione tecnica – Documento contro le esplosioni – Galleria Hirpinia" allegato alla relazione del PSC "Sezione particolare – Rischi specifici" IF3A02EZZPUSZ00B0001).

Tabella 4-4 – Tabella generale degli interventi – TBM lato Bari Φ 9.92m, Binario dispari.

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispari			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
FAE/ma	60-70	41617	42090	473						C35/45
	70	42090	42130	40						C35/45
	70-90	42130	42332	202						C35/45
FAE/am	90	42332	42349	16						C35/45
FAE/ma	90-100	42349	42379	30						C35/45
FAE/am	100-110	42379	42441	62						C35/45
FAE/ma	110-200	42441	42742	301						C35/45
	200-230	42742	42839	97						C35/45
	230-370	42839	43264	426						C35/45

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									
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 54 di 90

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispri			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
FAE/am	275-325	43264	43349	85						C35/45
FAE/ma	255-275	43349	43384	35						C35/45
FAE/am	255-235	43384	43425	41						C35/45
FAE/c	200-235	43425	43561	136						C35/45
BVNa	175-200	43561	43688	127			2			C35/45
BVNb	125-180	43688	44023	335			2			C35/45
	75-125	44023	44431	408			2			C35/45
	20-75	44431	44645	214			0 - 2			C35/45
	20	44645	44665	20			2			C35/45
	20-45	44665	45851	1186			0 - 2			C35/45
	125-135	45851	45945	94			0 - 2			C35/45
	135	45945	46339	394			0 - 2			C35/45
	65	46339	46362	23			0 - 1			C35/45
	65-110	46362	46766	404			0 - 2			C35/45
TPC	110-120	46766	46850	84			1 - 2			C35/45
	120	46850	46890	40			2 - 3			C35/45
	120-200	46890	47341	452			1 - 2			C35/45
	200	47341	47369	27			2			C35/45
FAE/ma	200	47369	47397	28						C35/45
	200-220	47397	47617	220						C35/45
	220	47617	47643	26						C35/45
FAE/c	220	47643	47672	29						C35/45
	220-370	47672	48834	1163						C35/45
FAE/am	325-370	48834	48981	147						C35/45
FAE/ma	295-325	48981	49081	101						C35/45

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									
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 55 di 90

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispri			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
	295	49081	49103	22			1			C35/45
FAE/c	295	49103	49123	19						C35/45
	280-295	49123	49466	343						C35/45
FAE/am	250-280	49466	49860	394						C35/45
FAE/c	235-250	49860	50183	323						C35/45
	235	50183	50188	5						C35/45
FAE/ma	235	50188	50227	39			3 – 5			C50/60
	230-235	50227	50733	506			3 – 5			C50/60
FAE/am	210-230	50733	50893	161			3 – 5			C50/60
FAE/ma	190-210	50893	51112	219			3 – 5			C50/60
FAE/am	170-190	51112	51265	152			3 – 5			C50/60
FYR	125-170	51265	52030	765			4 - 5			C50/60
	70-125	52030	52383	353			4 - 5			C50/60
	70	52383	52403	20			2 - 4			C50/60
	70-115	52403	53061	658			3 - 5			C50/60
FYR2	115-135	53061	53239	178			2 - 4			C50/60
FYR	100-140	53239	53605	366			3 - 4			C50/60
FYR	80-100	53605	53713	108			3 - 4			C50/60
	80	53713	53723	10			3 - 5			C50/60
APC	80	53723	53733	10			2			C35/45
	65-80	53733	53804	71			2 - 5			C35/45
FYR	75-120	53804	54051	247			3 - 4			C50/60
	120-155	54051	54316	265			4 - 5			C50/60
	155-190	54316	55730	1414			4 - 5			C50/60
	150-165	55730	55800	70			4 - 5			C50/60

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI				ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA				RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 56 di 90

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispri			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
	140	55800	56108	308			3 - 4			C50/60
CTLa	140	56108	56126	19			1 - 3			C35/45
	100-140	56126	56351	224			1 - 3			C35/45
	115	56351	56361	10			1 - 3			C35/45
STF2	115	56361	56371	10			1 - 2			C35/45
	105-115	56371	56502	131			1 - 2			C35/45

Tabella 4-4 – Tabella generale degli interventi – TBM lato Napoli Φ 9.82m, Binario dispri

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispri			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
STF2	110-215	56520	56970	450			1 - 3			C35/45
	110-215	56970	57761	791			1 - 2			C35/45
	155	57761	57781	20			1 - 3			C35/45
	155-200	57781	58708	927			1 - 3			C35/45
	160	58708	58728	20			1 - 2			C35/45
	160-175	58728	59001	273			1 - 2			C35/45
	175	59001	59019	18			1 - 2			C35/45
BNA2	175	59019	59051	32			2 - 3			C35/45
	175-130	59051	59465	414			2 - 3			C35/45
	75-130	59465	59969	504			1 - 2			C35/45
	35-75	59969	60149	180			1 - 2			C35/45
	35	60149	60169	20			1 - 2			C35/45
	35-120	60169	60880	711			1 - 2			C35/45
	80-120	60880	61058	178			1 - 2			C35/45
	80	61058	61078	20			1			C35/45

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 Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 57 di 90

FORMAZIONE	Cop. [m]	Binario dispari			AVANZAMENTO			TBM		CONCI
		Inizio [m]	Fine [m]	L [m]	OPEN	CLOSE	P [bar]	C-C 60mm	Φ MAGG	Classe CLS
	80-200	61078	62121	1043			1 - 3			C35/45
	135	62121	62141	20			1 - 2			C35/45
	100-135	62141	62242	101			1 - 2			C35/45
	75-100	62242	62330	88			1 - 2			C35/45
	75	62330	62350	20			1			C35/45
	75-85	62350	62445	95			1 - 2			C35/45
	75-140	62445	63382	937			1 - 2			C35/45
	125-145	63382	63709	327			1 - 2			C35/45
ANZ2	115-155	63709	64023	314			4 - 5			C35/45
	115-175	64023	64594	571			3 - 4			C35/45
	120-160	64594	65082	488			4 - 5			C35/45
	115-130	65082	65435	353			3 - 4			C35/45
TFR	75-115	65435	65644	209			3 - 4			C35/45
	20-75	65644	66014	370			3 - 4			C35/45
TFRa	15-20	66014	66135	121			2 - 3			C35/45
APC	15-60	66135	68182	2048			1 - 2			C35/45

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 58 di 90

7 SISTEMI DI CONTROLLO E DI INDAGINE DELL'AVANZAMENTO, MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEI DATI E DELLA LORO CONDIVISIONE

Si impiegherà, durante l'avanzamento, il sistema denominato **Tunnel We-View** in grado di integrare l'ingente quantità di parametri disponibili dalle varie fonti operative del cantiere (tra i quali i parametri operativi di lavoro della TBM) in un quadro organico, in grado di fornire una visione globale di tutti i sottosistemi e un controllo puntuale delle attività operative. La piattaforma consentirà la condivisione in *real-time* dei dati raccolti e delle elaborazioni degli stessi con la struttura di Direzione Lavori e la gestione puntuale di tutti i processi connessi alle operazioni di scavo e dei sistemi logistici a supporto della TBM, nonché attuare procedure di gestione del rischio mediante l'adozione di azioni correttive.

Le frese saranno inoltre dotate di dispositivi e sistemi specificatamente dedicati all'**indagine in avanzamento rispetto al fronte di scavo** (testa TBM), così da disporre di una ricostruzione il più possibile affidabile- del contesto geologico geomeccanico in avanzamento. Lo sfalsamento temporale fra lo scavo delle due canne consentirà inoltre di disporre di informazioni puntuali per calibrare lo scavo della seconda canna. Sarà impiegato un sistema "**probe-drilling**" in avanzamento con dotazione ATEX e misura in tempo reale dei dati di perforazione. Si prevede inoltre l'installazione del sistema geoelettrico di previsione in avanzamento **BEAM Scan**; qualora il sistema BEAM dovesse non restituire informazioni affidabili nei diversi contesti geotecnici, nel caso di ammasso fratturato con o senza la presenza di acqua, saranno previste indagini in avanzamento sostitutive.

Sperimentalmente si testerà, inoltre, la possibilità di eseguire indagini cross-hole in avanzamento impiegando 2-3 fori eseguiti al contorno della TBM mediante le predisposizioni per l'esecuzione dei fori probe-drilling/grouting. A seguito dell'esecuzione dei fori, gli stessi saranno attrezzati con tubi in pvc dai quali eseguire le energizzazioni per lo svolgimento di indagini sismiche. Tali indagini saranno eseguite solo localmente, in corrispondenza di alcuni passaggi delicati, ad esempio tra la formazione del Faeto e del Flysh Rosso. In sede di progettazione esecutiva di dettaglio si valuterà in dettaglio la fattibilità tecnica di tale metodo di indagine, che potrebbe fornire utili informazioni sulla localizzazione di passaggi intraformazionali e/o faglie principali.

L'analisi integrata di tutti i parametri macchina, abbinata ai risultati delle indagini sopra descritte, consentirà la messa a punto di estrapolazioni ai fini provvisori sulle qualità degli ammassi da attraversare.

Tali aspetti sono stati in dettaglio illustrati nella "Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento", documento IF3A02EZZRHGN0100004B. In tale relazione sono anche in dettaglio riportati i parametri che devono essere costantemente monitorati, comprendendo anche quelli in dettaglio specificati nel documento a base gara IF1V02D07SPGN0100001A, "Specifiche tecniche TBM". In particolare, si segnalano i seguenti dati, particolarmente utili per l'implementazione delle procedure di gestione degli scavi riportate nel successivo capitolo:

- Pressioni al fronte, in camera di scavo, su più livelli
- Peso del materiale scavato
- Pressioni di iniezione al contorno dello scudo (iniezione di bentonite)
- Valori della spinta per ciascun avanzamento
- Pressioni di iniezione del back-filling e volumi di iniezione
- Assetto della TBM e scosamenti (x,y,z) rispetto al tracciamento teorico

Nel settore centrale della galleria, nell'ambito dell'offerta tecnica migliorativa inerente il monitoraggio degli ammassi a comportamento fortemente spingente, il sistema Tunnel We-View, previsto per l'intera galleria, sarà inoltre agganciato alla piattaforma **Web-GIS ESRI** che si intende adottare anche per la gestione dei dati di monitoraggio strumentale, descritta in dettaglio nel documento "GN Meccanizzato - Relazione di Monitoraggio" già richiamata, dove si è esposta l'architettura del sistema che consentirà un'integrazione anche con l'ambiente BIM.

In particolare, la piattaforma consentirà l'accesso ai dati fornendo una visualizzazione immediata della posizione e dello stato delle informazioni, oltre ad altre informazioni correlate. In tal modo l'utente (Progettista, Direttore Lavori o tecnico in cantiere) potrà disporre in tempo reale di un quadro completo e continuo delle misure effettuate che gli

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;">GN0100 003</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">59 di 90</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	59 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	59 di 90													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

consentirà una immediata e chiara comprensione ed interpretazione dei fenomeni in atto in relazione alla dinamica delle lavorazioni in cantiere. Sarà ad esempio possibile definire azioni correttive o calibrare i parametri operativi impostati progettualmente. In caso di allerta saranno condotte ispezioni in cantiere e back-analysis dei risultati osservati al fine di approfondire i fenomeni osservati per valutare la necessità di adottare misure correttive. La piattaforma dovrà essere infatti in grado di attivare allarmi real-time in caso di superamento di soglie di preallerta, allerta, allarme, in modo automatico dandone pronta comunicazione alle persone preposte e riducendo quindi i tempi di intervento.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 60 di 90

8 LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEGLI SCAVI

8.1 PREMESSA

Nei capitoli precedenti, dopo avere presentato una sintesi del quadro geologico-geomeccanico e dei rischi ad esso connessi (capitoli 2 e 3), si sono definite in dettaglio le specifiche tecniche delle TBM da adottare per lo scavo della Galleria Hirpinia (capitolo 5) e sono stati definiti i parametri operativi da impiegare durante gli avanzamenti (capitolo 6). Le specifiche della TBM sono state definite nell'ottica di mitigare i rischi individuati, con specifico riferimento al principale rischio connesso all'attraversamento del settore centrale della galleria, nel complesso delle Argille Scagliose, ovvero il possibile sviluppo di elevate convergenze tali da generare elevate pressioni d'ammasso sullo scudo con possibilità di intrappolamento della TBM. Come pure le scelte progettuali relative ai parametri operativi da impiegare, in termini di pressioni in camera di scavo, applicazione di sovrascavi e valori di spinta, sono stati definiti, lungo il tracciato, in funzione dei contesti geologico-geomeccanici attraversati e dei ricoprimenti presenti.

Nell'ambito di questo capitolo, si illustra la procedura di gestione delle modalità di avanzamento e scavo che dovrà essere impiegata nell'ambito della realizzazione della galleria, al fine di tenere sotto controllo i principali parametri di riferimento e consentire la conferma o l'adeguamento dei parametri operativi di progetto della TBM; l'esame dei parametri chiave raccolti dal sistema di monitoraggio e controllo definito in progetto consentirà infatti di adottare tempestivamente azioni correttive qualora si riscontrino rilievi non in linea con le previsioni progettuali.

Verrà anche definito il gruppo di lavoro che seguirà l'andamento degli avanzamenti ed il flusso delle informazioni che consentirà di governare l'iter decisionale.

Tali aspetti saranno meglio dettagliati in fase di PED e di costruzione, dove dovrà essere messa a punto una procedura standard di scavo in condizioni normali ed anomale, con le modalità di ripartenza dopo fermi di breve e lunga durata, con o senza la presenza di falda. In tale procedura devono essere indicati i parametri di controllo dello scavo (pressioni al fronte, densità apparente, peso del materiale estratto, volume e pressione di iniezione, ecc.) le soglie limite, le figure responsabili ed il flusso informativo, secondo quanto già anticipato nei capitoli seguenti.

8.2 SINTESI DEI PRINCIPALI SCENARI DI RISCHIO

I principali scenari di rischio che coinvolgono l'avanzamento della TBM sono legati da un lato alle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati e dall'altro alle condizioni idrogeologiche e di presenza d'acqua.

Queste ultime sono principalmente legate al rischio **di venute d'acqua in galleria** ed alla presenza di settori di galleria caratterizzati da **elevati carichi idraulici**. I due temi sono trattati ai capitoli 11 e 12 rispettivamente: nel primo sono illustrate le procedure da impiegare in avanzamento per la previsione delle possibili venute d'acqua in fase di scavo ed i sistemi di consolidamento e/o drenaggio da adottare per la mitigazione del rischio; nel secondo si descrive il sistema di monitoraggio che è stato previsto al fine di controllare, nel tempo, le pressioni idrostatiche agenti a tergo dei rivestimenti e le azioni da intraprendere per renderle compatibili con le risorse statiche dei rivestimenti.

I principali scenari di rischio connessi alle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati, da attenzionare in fase di avanzamento della TBM, sono i seguenti:

- **Elevate pressioni sugli scudi:** tale scenario di rischio è correlato ai fenomeni di "squeezing" che si possono generare nei settori di galleria caratterizzati da ammassi di caratteristiche geotecniche scadenti, laddove è atteso lo sviluppo di elevate convergenze dell'ammasso al contorno del cavo e, conseguentemente, di elevate pressioni sugli scudi; il rischio conseguente è che si possano generare ovalizzazioni e/o deformazioni degli scudi con superamento della loro resistenza statica.
- **Superamento della spinta limite e blocco della TBM:** le elevate pressioni sullo scudo, abbinate alla necessità di operare adeguate pressioni di bilanciamento del fronte di camera di scavo e di imprimere l'energia per lo scavo d'avanzamento, possono generare la richiesta di elevati valori di spinta della TBM,

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 61 di 90

superiori alle capacità della macchina; il rischio conseguente è che si determini il blocco della TBM con impedimenti all'avanzamento.

- **Guidabilità della TBM e corretto riempimento gap anulare:** al fine di gestire i rischi precedentemente descritti, si prevede di operare sovrascavi rispetto al diametro nominale del cutterhead, al fine di dissipare le pressioni dell'ammasso all'interfaccia con gli scudi. Qualora però gli ammassi dovessero, anche in settori limitati, presentare migliori caratteristiche geomeccaniche tali da non manifestare le convergenze attese, si genererebbe un elevato gap tra profilo di scavo e scudi, che può generare difficoltà nella guida della TBM con perdita di assetto; il rischio è di non garantire le geometrie di progetto entro le tolleranze costruttive prefissate. Inoltre, la presenza di elevati gap potrebbe favorire un non perfetto riempimento dello spazio a tergo dei conci, determinando una non perfetta distribuzione delle pressioni geostatiche agenti sul rivestimento in conci prefabbricati.
- **Fenomeni di clogging in camera di scavo,** legati alla presenza di terreni da natura argillosa, di difficile condizionamento e soggetti a "cottura" ed impaccamento; ne deriva il rischio di non consentire il mantenimento delle corrette pressioni al fronte e la corretta estrazione di materiale dalla coclea.
- **Interferenza con preesistenze e corpi franosi in superficie:** in limitati settori della galleria, la presenza di ridotti ricoprimenti, può generare risentimenti a piano campagna in corrispondenza di preesistenze o fenomeni franosi; ne deriva il rischio di produrre danni alle preesistenze o accelerare i movimenti dei corpi di frana.

Da ultimo si evidenzia il rischio di possibile **presenza di gas**, la cui gestione è stata effettuata provvedendo, come già descritto al capitolo 5.2.10, all'adozione dei criteri e dei dispositivi richiamati dalle NIR44. Per la gestione delle procedure di scavo da attuarsi in presenza di afflussi di gas si rimanda alle indicazioni contenute nel PSC ed in particolare allo specifico allegato redatto dallo Specialista "Collins", documento "Miscele esplosive in sotterraneo – Relazione tecnica – Documento contro le esplosioni – Galleria Hirpinia" allegato alla relazione del PSC "Sezione particolare – Rischi specifici" IF3A02EZZPUSZ00B0001..

8.3 AZIONI PREVISTE PER LA MITIGAZIONE DEI RISCHI

In progetto si è provveduto alla gestione dei rischi sopra descritti, mediante l'adozione di accorgimenti ed azioni di mitigazione descritti in dettaglio nella seguente tabella, che è principalmente riferita alla TBM lato Bari che attraverserà i contesti geotecnici più critici, riferibili ai rischi individuati.

Scenario di rischio	Azione di mitigazione
Elevata pressione sugli scudi	<ul style="list-style-type: none"> • Conicità scudi (nominali 120 mm radiali) • Inserimento overcutting (fino a 130 mm radiali) • Adozione copy-cutter (fino a 60 mm radiali, in step da 20 mm) per situazioni locali • Iniezione di bentonite in pressione dagli scudi (pressione massima 5 bar) • Iniezione di grassi e lubrificanti
Superamento spinta e blocco TBM	<ul style="list-style-type: none"> • Conicità scudi (nominali 120 mm radiali) • Inserimento overcutting (fino a 130 mm radiali) • Adozione copy-cutter (60 mm radiali, in step da 20 mm) per situazioni locali

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 62 di 90

	<ul style="list-style-type: none"> • Iniezione di grassi e lubrificanti • Impiego di articolazione attiva (spinta max 110 MN) • Potenziamento della spinta, fino a 210 MN • Dispositivi atti ad evitare soste prolungate (continuous mining, SCC, materiali anti-usura)
Guidabilità della TBM e riempimento gap anulare	<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di stabilizzatori laterali • Impiego della articolazione attiva • Adozione sistema di guida automatico (sistema VMT) con correzione delle perdite di assetto • Potenziamento delle linee di iniezione e delle pressioni di iniezione del backfilling • Controllo del corretto riempimento mediante Pulsar Echo e GPR in modo sistematico. Tale controllo consentirà di valutare l'eventuale esecuzione di iniezioni secondarie.
Fenomeni di clogging	<ul style="list-style-type: none"> • Messa a punto di idonee specifiche dei materiali di condizionamento • Definizione dei parametri di condizionamento dei terreni • Verifica dei bilanciamenti tra avanzamento e materiale estratto • Esame visivo dello smarino sul nastro di smaltimento
Interferenza con preesistenze	<ul style="list-style-type: none"> • Regolazione della pressione in camera di scavo (Volume perso < 0.5%) • Riempimento gap scavo-scudi con bentonite • Verifica riempimento a tergo dell'anello di rivestimento in conci.

Si osserva come i rischi circa il generarsi di elevate pressioni sugli scudi e di blocco della TBM siano tra loro correlati, tanto che le azioni adottate in progetto per la loro mitigazione sono, per la maggior parte, le medesime. Le azioni previste sono associate principalmente all'adozione di sovrascavi, così che la definizione del **diametro di scavo** diventa uno dei principali elementi di variabilità da attenzionare negli avanzamenti. Un secondo elemento di variabilità riguarda la **pressione da adottare in camera di scavo ed al contorno degli scudi** grazie alle iniezioni di bentonite e grasso da effettuarsi attraverso gli iniettori sullo scudo. Tali parametri, e relative variabilità, risultano importanti anche per gestire adeguatamente gli avanzamenti in corrispondenza di preesistenze; a questi si unisce il corretto riempimento del gap a tergo dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati, finalizzato al contenimento del volume perso in fase di scavo e rivestimento, mediante la definizione delle **pressioni di iniezione del back-filling** ed il controllo dei **volumi di intasamento**.

Nella seguente tabella si riportano, per ciascun scenario di rischio, i principali parametri operativi definiti in progetto, che potranno essere più puntualmente regolati in corso d'opera secondo le Linee Guida descritte nel seguito. Si evidenzia che i valori assunti per tali parametri sono descritti nei capitoli precedenti (in particolare il

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 63 di 90

capitolo 6) e riportati in dettaglio nei “Profili Geomeccanici” di previsione del PE lungo il tracciato della galleria. Saranno inoltre dettagliati per tratte omogenee nell’ambito dei PAT (Piano di Avanzamento Tunnel) predisposti in sede di PED.

Scenario di rischio	Variabilità parametri operativi
Elevata pressione sugli scudi	<ul style="list-style-type: none"> • Diametro di scavo (sovrascavo) • Pressione in camera di scavo • Pressione al contorno scudi
Superamento spinta e blocco TBM	<ul style="list-style-type: none"> • Diametro di scavo (sovrascavo) • Pressione in camera di scavo • Pressione al contorno scudi • Spinta
Guidabilità della TBM e riempimento gap anulare	<ul style="list-style-type: none"> • Volumi di riempimento dietro ai rivestimenti • Correzioni plano-altimetriche (VMT), ovvero adeguamento della posizione /rotazione dell’anello in funzione della posizione della TBM
Fenomeni di clogging	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione dei parametri FIR – FER - Cf
Interferenza con preesistenze	<ul style="list-style-type: none"> • Pressione in camera di scavo • Pressione al contorno scudi • Pressioni di iniezione back-filling

Durante il corso d’opera sarà necessario provvedere ad un costante controllo di questi parametri operativi; con riferimento ai valori nominali indicati sui profili di progetto, si potrà considerare una possibile escursione nel range:

- **0.9 – 1.1 del valore di progetto previsto sui profili geomeccanici**

ovvero qualora i parametri operativi si discosteranno, in più o in meno, dai valori nominali di progetto, saranno da attenzionare nell’ambito dell’esame dei dati da parte del gruppo di lavoro. Specifiche procedure operative di controllo saranno comunque meglio dettagliate dall’Appaltatore prima dell’inizio dei lavori, secondo consolidate prassi costruttive.

Inoltre andranno verificati, attraverso il sistema di monitoraggio predisposto, dei “**parametri di controllo**”, per i quali sono stati definiti in progetto i valori attesi e le relative soglie, di attenzione e di allarme, superate le quali dovranno essere introdotte ulteriori azioni correttive, come dettagliato nel seguito.

L’approccio rientra nel “metodo osservazionale”, che viene abitualmente impiegato per la gestione di problematiche complesse, come quella geologico-geotecnica del caso in esame, per le quali la sola fase predittiva non consente di risolvere pienamente alcune incertezze che potranno essere gestite solo in fase di esecuzione dell’opera.

8.4 PARAMETRI DI CONTROLLO E VALORI DI RIFERIMENTO

Con riferimento agli scenari di rischio precedentemente rappresentati, nella tabella seguente si riportano i parametri di controllo che devono essere attentamente monitorati; i valori di riferimento, per ciascun settore omogeneo di galleria, sono riportati sui profili geomeccanici di progetto esecutivo (e sui PAT da redigersi in fase di

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 64 di 90

PED): in tabella si riportano i range massimi o i valori massimi, così che possano risultare indicatori per la definizione delle soglie di attenzione e di allarme.

Scenario di rischio	Parametri di controllo	Valori di riferimento (max)
Elevata pressione sugli scudi	<ul style="list-style-type: none"> Pressione su scudo intermedio Pressione su scudo di coda Gap scudo-profilo di scavo Peso materiale scavato 	<ul style="list-style-type: none"> 15 bar (max) 10 bar (max) 0 – 250 mm (valore raccomandato 50-100 mm, scudo coda-intermedio) 340 KN/spinta
Superamento spinta e blocco TBM	<ul style="list-style-type: none"> Valore spinta 	<ul style="list-style-type: none"> Valore di riferimento 100 MN Valore di sblocco 165 MN (210 MN capacità max TBM)
Guidabilità della TBM e riempimento gap anulare	<ul style="list-style-type: none"> Deviazione teorico Volumi riempimento 	<ul style="list-style-type: none"> + / - 100 mm 4.2 - 7.9 mc/ml
Fenomeni di clogging	<ul style="list-style-type: none"> Volume materiale estratto Distribuzione pressione camera scavo (altezza) Fluidità smarino 	<ul style="list-style-type: none"> 136 – 146 mc / spinta (si veda profilo geomeccanico) Andamento lineare Controllo visivo
Interferenza con preesistenze	<ul style="list-style-type: none"> Cedimenti a piano campagna Movimenti inclinometri Volume perso 	<ul style="list-style-type: none"> 10 – 30 mm (30 mm in asse galleria) Valutare corso d'opera 0.5% volume scavato

La macchina è equipaggiata con strumentazione atta al rilievo in continuità dei parametri di controllo sopra richiamati; in dettaglio:

- Sarà possibile rilevare costantemente i valori delle pressioni sui diversi settori dello scudo, principalmente del settore intermedio e di coda, mediante le celle di pressione predisposte nello scudo, come pure sarà possibile riscontrare il gap scudo-profilo di scavo lungo lo sviluppo dello scudo grazie ai "fontimetri" installati nelle posizioni descritte al capitolo 5.2.2.
- Il valore della spinta della TBM, suddivisa tra spinta totale e spinta di contatto (ovvero la spinta relativa alla testa/camera di scavo), sarà monitorata dai sistemi di controllo della macchina.
- Il sistema VMT consentirà di monitorare lo scostamento della posa del rivestimento definitivo in conci prefabbricati rispetto alla posizione teorica indicata dal profilo piano-altimetrico di tracciamento.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGGIO D 65 di 90

- Il sistema di controllo della TBM permette di registrare sistematicamente i volumi di back-filling iniettati, attraverso il controllo degli iniettori, per ogni spinta di avanzamento della TBM. Inoltre il corretto riempimento del gap anulare sarà verificato in continuo mediante tomografia ultrasonica *Pulse-Echo* basata sulla riflessione di brevi impulsi di onde elastiche in corrispondenza dell'estradosso dei conci di rivestimento della galleria, ed adottando la tecnica *Ground Penetrating Radar (GPR)*.
- Le bilance posizionate sul nastro di smarino consentiranno di registrare il peso del materiale estratto, così che, noto il valore del peso specifico del materiale, sia possibile determinare il volume del materiale estratto.
- Le celle di pressione installata sui diversi livelli in camera di scavo consentiranno di rilevare le pressioni al fronte e valutarne la distribuzione con riferimento al profilo verticale della testa della TBM.
- La strumentazione di monitoraggio posizionata a piano campagna e la strumentazione inclinometrica e piezometrica da installare in corrispondenza dei settori a bassi ricoprimenti interessati da movimenti franosi consentiranno di rilevare cedimenti e movimenti del piano campagna e delle superfici di scivolamento individuate. Al riguardo si rimanda alle relazioni ed agli elaborati relativi al sistema di monitoraggio predisposto.

8.5 LINEE GUIDA PER LA DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE DI SCAVO

L'avvio degli avanzamenti avverrà secondo le specifiche di progetto, adottando i parametri operativi (diametro di scavo, pressione al fronte ed al contorno, pressione di back-filling) indicati sui profili geomeccanici di previsione e riscontrando che i parametri di controllo indicati al precedente capitolo 8.4 si mantengano in linea con i valori di riferimento fissati in progetto e comunque al di sotto dei valori massimi nominali precedentemente definiti. Al riguardo si ritiene di fissare:

- **Soglie di attenzione**, pari al 70% dei valori massimi individuati nella precedente tabella
- **Soglie di allarme**, pari al 90% dei valori massimi individuati nella precedente tabella.
- Con riferimento al **gap tra profilo di scavo ed estradosso scudo**, si ritiene ottimale che tale parametro di controllo sia mantenuto nel range 50-100 mm (il primo riferibile alla coda ed il secondo nel settore intermedio); si intende che la soglia di attenzione sia relativa a valori di gap residui (per lo scudo intermedio o per il settore di coda) pari a **40 mm**, mentre la soglia di allarme sia riferibile ad un gap inferiore a **20 mm**. Su questo aspetto va comunque segnalato che le previsioni di progetto indicano che in presenza delle massime coperture del FYR si possa raggiungere il contatto ammasso-scudo, senza che questo comporti rischi per l'avanzamento: in questo caso i parametri di riferimento sono rappresentati dal valore della spinta della TBM e dalla pressione sugli scudi, che devono invece mantenersi al di sotto dei valori di riferimento indicati in progetto e descritti in precedenza.

La raccolta dei valori dei parametri di riferimento, mediante la strumentazione definita, consentirà di confermare o meglio calibrare i parametri operativi di funzionamento della TBM in modo da mantenere i valori al di sotto delle soglie di attenzione e di allarme. Si potranno individuare i seguenti scenari:

1. se i valori dei parametri di riferimento misurati risultano coerenti con quanto previsto in progetto, nell'ambito di una minima variabilità attesa (+/- 10%), si procede con i parametri operativi di progetto, prevedendo una minima variabilità degli stessi nell'ambito di una ordinaria gestione degli scavi di avanzamento con TBM.
2. Se i valori dei parametri di riferimento risultano minori di quelli attesi, ovvero si riscontri un minore impegno della TBM durante gli avanzamenti, ad esempio riscontrando minori spinte necessarie per garantire l'avanzamento degli scavi, minori convergenze del profilo di scavo e quindi minori pressioni sugli scudi, si potrà operare una riduzione dei parametri operativi (riduzione dell'overcutting, dei copy-cutter, dei valori di pressione al fronte ...).

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 66 di 90

3. Vice-versa se i valori dei parametri di riferimento risultano maggiori di quelli attesi, ovvero si riscontri la tendenza ad una maggiore difficoltà dell'avanzamento, con valori di spinta necessari superiori alle aspettative, deformazioni più elevate dell'ammasso al contorno del cavo, con incremento delle pressioni sugli scudi rispetto alle previsioni, occorrerà operare un incremento dei parametri operativi (incremento del diametro di scavo con inserimento di overcutting e/o copy-cutter, aumento della pressione al fronte ...).

L'analisi complessiva dei dati consentirà di effettuare una valutazione sulla idoneità delle modalità di avanzamento, adottando modifiche ai parametri operativi in funzione dei dati rilevati. L'eventuale cambiamento dei parametri operativi dovrà scaturire da un'analisi dei dati di monitoraggio considerandone la tendenza nel tempo su un numero significativo di letture e raccolte dati. L'analisi dovrà pertanto essere condotta mediamente tenendo conto di almeno due-tre valori dei parametri di riferimento considerati (2-3 spinte di avanzamento), prima di condurre a variazioni in corso d'opera. L'approccio si sviluppa quindi in questo modo:

- **Fase 1:** raccolta ed analisi dei dati: eventuale situazione di scostamento dalle previsioni di progetto (raggiungimento o superamento in aumento o in diminuzione della soglia di riferimento).
- **Fase 2:** raccolta ed analisi dei dati: verifica di quanto evidenziato in fase 1: conferma o meno della tendenza riscontrata precedentemente.
- **Fase 3:** variazione dei parametri operativi secondo i casi precedentemente enunciati.

Modifiche immediate potranno essere condotte in presenza di variazioni repentine del contesto geomeccanico o della risposta dei parametri di riferimento rilevati.

Con riferimento agli scenari di rischio precedentemente individuati, il raggiungimento delle soglie di attenzione e/o di allarme devono prevedere la messa in campo di azioni di mitigazione più rilevanti:

- il raggiungimento delle soglie di attenzione comporterà di verificare maggiormente l'evoluzione dei parametri di riferimento (ogni 2-3 spinte, ovvero 4 volte al giorno piuttosto che giornalmente), così da valutare il gradiente dei principali fattori (ad esempio la spinta, le pressioni sugli scudi in gioco ...); sarà inoltre intensificata la frequenza del gruppo di lavoro deputato all'esame dei dati, con il coinvolgimento del Progettista (si veda capitolo 8.6). Sono inoltre definite nella tabella seguente, per ciascun scenario di rischio, alcune prime azioni di mitigazione del problema.
- il raggiungimento delle soglie di allarme comporterà di verificare l'evoluzione dei parametri di riferimento a seguito di ogni spinta, così da riscontrare eventuali repentini variazioni dei parametri di riferimento. Si stabilirà inoltre un "tavolo di crisi", al fine di intraprendere le azioni più appropriate tra quelle indicate nella tabella seguente.

Scenario di rischio	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Elevata pressione sugli scudi	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dell'overcutting • Attivazione del copy-cutter 	<ul style="list-style-type: none"> • Ulteriore aumento del diametro di scavo (il valore massimo è pari a 10300 mm) • Attivazione dei sistemi di lubrificazione dello scudo
Superamento spinta e blocco TBM	<ul style="list-style-type: none"> • Lubrificazione massima degli scudi • Controllo della pressione al fronte 	<ul style="list-style-type: none"> • Inserimento di telai metallici di protezione dei conci con spinte al limite della 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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 67 di 90

	<ul style="list-style-type: none"> • Apertura massima copy-cutter 	
Guidabilità della TBM e riempimento gap anulare	<ul style="list-style-type: none"> • Forzare posizione anelli (al limite con giunti consecutivi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inserimento di spessoramenti tra anelli/conci (e relativi interventi di ripristino sui giunti)
Fenomeni di clogging	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dosaggio additivi disperdenti • Aumento condizionamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervento di manutenzione e pulizia in camera di scavo (da verificare con gli altri scenari di rischio)
Interferenza con preesistenze	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento pressione al fronte ed al contorno • Incremento pressioni di iniezione back-filling 	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica condizioni preesistenze, eventuale rimodulazione delle soglie. • Esecuzione interventi di consolidamento in avanzamento

8.6 GRUPPO DI LAVORO E FIGURE CHIAVE

Il processo di avanzamento fin qui descritto sarà gestito da uno specifico gruppo di lavoro al quale è demandato il compito di:

- raccogliere i dati di monitoraggio dei parametri operativi e dei parametri di riferimento, e diagrammarli secondo grafici e rendiconti che consentano di ben rappresentare la situazione degli avanzamenti TBM (una indicazione dei principali grafici è descritta nella relazione sul monitoraggio TBM).
- Interpretarli con riferimento alle previsioni di progetto, al fine di valutare i tre scenari individuati al capitolo 8.5 (valori rilevati in linea con le attese progettuali oppure inferiori/superiori alle attese), nonché sviluppare analisi di maggiore dettaglio qualora si sia prossimi a raggiungere o superare le soglie di attenzione e/o di allarme previste.
- Determinare le azioni conseguenti, al fine di introdurre in progetto le mitigazioni necessarie e le contro misure da adottare.

Le figure chiave del processo di costruzione sono da ricercarsi nell'Appaltatore, nella Direzione Lavori e nel Progettista. Senza entrare nel dettaglio dell'organigramma di gestione del Cantiere TBM, le principali figure dell'Appaltatore che devono prendere parte al gruppo di lavoro sono:

- **Direttore del cantiere di scavo meccanizzato**, che è responsabile per la direzione e la supervisione dell'esecuzione dei lavori dello scavo meccanizzato.
- **Ingegnere Senior Esperto in scavo meccanizzato**, al quale è demandato la supervisione delle attività di scavo meccanizzato e supporta il Direttore di cantiere in ogni caso di necessità o di confronto tecnico.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 68 di 90

- **Ingegnere TBM**, il quale ha il compito di monitorare tutte le attività connesse con lo scavo meccanizzato con particolare riferimento ai parametri macchina (parametri di scavo) verificando che l'operatore della TBM esegue lo scavo in pieno accordo con le specifiche di progetto riportate nel PAT. Rileva ogni anomalia, sia produttiva che relativa all'andamento delle condizioni monitorate durante lo scavo, e redige giornalmente un rapporto di produzione dove vengono presentati tutti i principali dati relativi allo scavo, in particolare i valori dei parametri di riferimento precedentemente descritti e i dati relativi alla corretta installazione dei conci.
- **Responsabile dati di monitoraggio e controllo**, il quale raccoglie sistematicamente ed implementa nella "piattaforma dati integrata", Tunnel WeView, tutte le informazioni riguardanti i dati macchina ed i dati della strumentazione di monitoraggio, dandone comunicazione tempestiva agli altri componenti il gruppo di lavoro.

Faranno parte del gruppo di lavoro anche Il **Direttore dei Lavori** ed un suo Responsabile dei controlli scavi con TBM, nonché il **Progettista** e/o un suo ingegnere dedicato alla commessa.

L'Appaltatore, al quale è demandata l'esecuzione e la verifica in continuo del processo di costruzione, svolgeranno un controllo "in continuo" dell'andamento degli avanzamenti TBM, riscontrando giornalmente i parametri operativi della TBM ed esaminando in dettaglio i parametri di riferimento, confrontandoli con le previsioni di progetto.

A cadenza settimanale, si organizzerà un tavolo di lavoro che prenderà in esame i dati degli avanzamenti settimanali dove sarà coinvolto anche il Progettista, nell'ambito di un'attività di assistenza tecnica in coso d'opera. La Direzione Lavori dovrà essere coinvolta per illustrare il risultato delle analisi e le azioni che l'appaltatore intende mettere in campo. La frequenza di questi tavoli di confronto potrà essere intensificata, qualora i parametri di riferimento risultino difformi dalle previsioni progettuali o prossimi alle soglie di attenzione e/o di allarme fino, alla creazione di un "tavolo di crisi" qualora i valori raggiungano la soglia di allarme.

8.7 RISCHI RESIDUI ED AZIONI DI MITIGAZIONE

Qualora le azioni previste non siano in grado di risolvere le problematiche evidenziate è pensabile di mettere in campo ulteriori misure di mitigazione del rischio residuo, specie con riferimento al rischio di elevate pressioni agenti sugli scudi e quindi di intrappolamento della TBM, che risulta essere l'elemento di maggiore criticità. Tali azioni sono da intendersi "fuori-progetto" e quindi da adottare quali soluzioni estreme di back-up.

Le misure di back-up eventualmente azionabili risultano:

- I. Utilizzo di miscela "Clay Shock" iniettata in pressione nella camera tra scudi e scavo per contrastare la convergenza del terreno e ridurre gli attriti di sblocco scudi;
- II. Idro-demolizione attraverso gli scudi della TBM, già predisposti per questa operazione;
- III. Conci speciali, ad esempio con cls ad altissime prestazioni C80/90 o in acciaio, da installare in settori di galleria dove si renda necessario l'impiego sistematico di spinte di avanzamento sui limiti superiori della TBM.

Relativamente alla miscela di Clay Shock, si tratta di un fango contenente bentonite, filler ed additivi che ha la proprietà, quando attivato con un componente B, di addensarsi rapidamente fino ad avere la consistenza (modulabile) simile a quella del grasso delle spazzole delle guarnizioni dello scudo di coda. Questo materiale, iniettato nella camera scudo/scavo la riempie in pressione e forma un cuscino che riduce ancorché parzialmente le convergenze del terreno, contribuisce a centrare i carichi sugli scudi, ma soprattutto riduce drasticamente l'attrito degli scudi stessi facilitando l'avvio/riavvio dello scavo.

La idro-demolizione del terreno attorno agli scudi consente, come dimostrato in diverse applicazioni di letteratura, di sbloccare gli scudi anche in condizione estreme di convergenza. Al riguardo le TBM sono predisposte con i fori negli scudi necessari all'applicazione di questi interventi.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 69 di 90

Riguardo ai conci speciali, con cls ad altissima resistenza oppure in acciaio, si valuterà in corso d'opera, qualora si riscontri la tendenza dei parametri di riferimento a portarsi verso valori massimi, il confezionamento di una cinquantina di anelli da mantenere in stock in cantiere per essere eventualmente utilizzati per ripartenze e attraversamenti particolarmente critici.

Da ultimo si evidenzia, quale ulteriore possibile soluzione di back-up, anch'essa fuori progetto, lo scenario di compensare eventuali ritardi delle TBM in avanzamento dall'imbocco lato Bari, che percorrono un tratto di maggiore estensione ed attraversano i settori di galleria caratterizzati dagli ammassi di caratteristiche più scadenti, proseguendo lo scavo con le TBM dall'imbocco lato Napoli, oltre il camerone di smontaggio posto al termine della Finestra F1, verso Bari.

Tale opzione è possibile in quanto le TBM lato Napoli, come descritto in dettaglio al capitolo 5.3, sono già state pensate e predisposte dall'Appaltatore con una serie di apprestamenti che le rendono potenziate rispetto alla configurazione del progetto a base gara; nel dettaglio:

- Dispongono di maggiore conicità, avendo un diametro di scavo pari a 9820 mm anziché 9760 mm come da progetto a base gara;
- Hanno installato una maggiore potenza di spinta, fino a 210 MN al pari delle TBM lato Bari, rispetto al valore massimo di 150 MN di progetto a base gara;
- Dispongono negli scudi degli equipaggiamenti dei dispositivi di controllo, quali celle di pressione e fontimetri, nonché gli iniettori per l'iniezione della bentonite e dei lubrificanti.

Al fine di renderla in tutto di prestazioni analoghe alle TBM lato Bari, sarà però necessario modificare il diametro di scavo di base, con l'inserimento di alcuni ripper addizionali, come pure andrà prevista la configurazione con overcutting (fino a 130 mm massimo) in funzione di quanto sarà registrato negli avanzamenti delle TBM che avanzano dal lato Bari. Al fine di mettere le TBM in configurazione tale da poter affrontare gli ammassi spingenti del FYR sarà quindi necessaria un'attività di qualche settimana di riconfigurazione della testa all'interno del camerone F1.

Tale scenario, non facente parte del presente progetto, potrà essere sviluppato in corso d'opera, come soluzione di rimedio per necessità temporali in caso di imprevisti durante l'attraversamento della tratta centrale della galleria.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 70 di 90

9 LINEE GUIDA PER LA POSA DEI RIVESTIMENTI IN CONCI

9.1 PREMESSA

Nel seguito si riportano alcuni aspetti da attenzionare durante la posa dei rivestimenti definitivi in anelli di conci prefabbricati, che rivestono particolare rilevanza progettuale e determinano la qualità del sistema di riferimento nei riguardi delle condizioni di sicurezza statica e di tenuta idraulica.

La procedura di montaggio dell'anello di conci inizia dal momento in cui i conci arrivano all'attrezzatura di back up della TBM fino all'Erettore; i conci saranno trasferiti dal magazzino alla TBM secondo procedure messe a punto in fase costruttiva dall'Appaltatore.

9.2 PROCEDURA DI POSA IN OPERA

L'installazione dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati sarà eseguita mediante il sistema di presa predisposto sul concio; lo schema di installazione dell'anello, ovvero la sua rotazione al fine di seguire le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato, saranno definite dal sistema di guida VMT, tenendo conto:

- della posizione dell'ultimo anello installato
- della posizione della macchina in relazione al tracciato teorico
- delle posizioni consentite in progetto in rapporto alla rotazione dell'anello precedentemente installato.

Una volta scelta la posizione più idonea per la rotazione dell'anello (ovvero la posizione della chiave), occorrerà controllare in dettaglio l'allineamento con l'anello precedente: la superficie tra anelli adiacenti e conci nell'ambito dello stesso anello dovrà essere uniforme, evitando gradini e bordi, che possono generare disomogeneità della trasmissione delle pressioni di contatto tra elementi prefabbricati. Ogni concio dovrà essere connesso ai conci adiacenti mediante i 3 connettori longitudinali e i 2 bulloni trasversali.

Qualora, durante il montaggio, la guarnizione ancorata lungo il bordo del concio prefabbricato, dovesse subire danni, deve essere riparata prima del completamento del montaggio dell'anello. Oppure occorre provvedere alla sostituzione del concio da porre in opera. Anche in caso di concio danneggiato (ad es. angoli rotti, bordi, ecc.) il concio deve essere sostituito oppure, se installato, il danno/difetto deve essere segnalato nel registro di posa in opera, per la successiva riparazione.

9.3 CONTROLLI E TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Durante la fase di posa in opera, oltre al controllo sistematico circa l'integrità del calcestruzzo del concio e della guarnizione ancorata, andranno effettuati controlli geometrici circa il reciproco posizionamento dei conci prefabbricati, controllando in particolare:

- L'ovalizzazione sul diametro dell'anello di rivestimento
- L'offset / disallineamento del giunto
- Gap massimo lungo il giunto

Tali valori dovranno essere inferiori ai seguenti limiti, provvedendo ad aggiustare il posizionamento dei conci qualora non vengano rispettati:

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 71 di 90

Parametro geometrico	Valore di tolleranza
Ovalizzazione sul diametro	$\pm 0.5\% \times ID$
Offset / disallineamento giunto	$\pm 5.0 \text{ mm}$
Gap massimo lungo il giunto	+ 4 mm

A seguito della posa di ciascun anello, andrà compilato un report di posa in opera con indicazione delle tolleranze registrate e degli eventuali difetti/rotture che dovranno essere tempestivamente riparati.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 72 di 90

10 FERMI MACCHINA PER INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Il fermo macchina per le necessità di manutenzione e sostituzione utensili di scavo è un'operazione ordinaria che viene affrontata con procedure usuali in funzione della necessità o meno di mantenere il fronte in pressione durante la fase di fermo. Al riguardo si rimanda anche a quanto è indicato in Allegato 3.

Nel settore centrale della galleria, all'interno della Formazione del Flysh Rosso, il fermo della TBM, per effettuare procedure di manutenzione ed integrazione delle linee di servizio della macchina e dei nastri, è un'operazione molto delicata in considerazione del contesto spingente del materiale e del possibile comportamento rigonfiante che determina un incremento delle deformazioni dell'ammasso e, conseguentemente, delle pressioni sullo scudo.

D'altra parte il settore interessato dalla formazione in questione è particolarmente esteso, così che sarebbe necessario programmare soste per la manutenzione almeno ogni 600-700 ml; alcune soste potranno essere programmate nei settori a più ridotte coperture, ad esempio nel FYR all'incirca alla progressiva 52+400 e 53+750, nonché nel settore ove sono presenti materiali appartenenti alla Formazione del FYR2, tra le progressive 53+060 e 53+200 ed in subordine alla formazione delle APC, alla Progressiva 53+750 (progressive riferite al binario dispari). Rimangono però alcune tratte dove sarà necessario operare soste in presenza di contesti in previsione critici.

In queste soste occorrerà operare secondo specifiche procedure operative, che verranno messo a punto in dettaglio a cura dell'Appaltatore in fase di PED e costruttiva, che limiteranno il tempo di fermo in funzione dei dati registrati dai sensori disposti sullo scudo (celle di pressione e fontimetri) riguardo all'interazione scudo-ammasso.

Potrà rendersi necessaria, all'interno delle formazioni caratterizzate da elevate convergenze/deformazioni, quali ad esempio il FYR, l'esecuzione di "micro" interventi, limitati alla sostituzione di solo alcuni cutters, allo scopo di favorire, anche in considerazione di dover eseguire le attività in condizioni di iperbarismo, una riduzione dei tempi di fermo. Sarà quindi privilegiata una tipologia di "fermi diffusi", piuttosto che generare la necessità di un fermo prolungato; al riguardo l'intervento di manutenzione potrà suddividersi in più momenti ravvicinati, anche intervallati da brevi avanzamenti della TBM (di 1-2 concii), finalizzati ad evitare l'adesione dell'ammasso allo scudo ed il conseguente generarsi di pressioni tali da comportare il rischio di blocco della TBM.

In linea generale la gestione dei fermi avverrà secondo le seguenti procedure:

a) Prima di ogni fermo:

In funzione delle indicazioni dei sensori di convergenza e pressione installati negli scudi, sarà possibile azionare i due copycutters e scavare gli ultimi metri di galleria allargando ulteriormente il diametro di taglio. Sempre durante gli ultimi metri di scavo, l'estradosso degli scudi verrà lubrificato con fango bentonitico.

b) Durante il fermo:

Verrà monitorato con continuità e in tempo reale l'andamento della convergenza e pressione degli scudi e questi dati, sempre in tempo reale, verranno elaborati in forma grafica ed inviati sia nella cabina di operazione e controllo a bordo macchina che agli uffici di cantiere, e saranno visibili su smartphone o tablet attraverso la app. specifica. Nelle zone più critiche la camera di estradosso tra scudi e scavo verrà riempita con una miscela ad alta viscosità (Clay Shock) allo scopo di formare un cuscino in pressione tra scavo e scudo e ridurre l'attrito alla ripartenza della TBM. Grazie alla presenza dell'articolazione attiva, compatibilmente con eventuali interventi di manutenzione in iperbarica, ad intervalli regolari si muoveranno gli scudi di pochi centimetri misurando le pressioni e spinte nei due circuiti (principale e articolazione).

c) Ripresa dell'avanzamento:

Terminato l'intervento la TBM potrà riprendere lo scavo senza particolari interventi. Nel caso in cui, invece, durante l'intervento le misure di convergenza e pressione segnalino il superamento di valori di triggers stabiliti nelle procedure esecutive, il Capocantiere, potrà decidere di riprendere l'avanzamento in anticipo sul completamento dell'intervento di manutenzione testa in corso ed eventualmente ripetere la sosta a breve distanza. Ciò premesso, si possono verificare circostanze per le quali la ripresa dell'avanzamento non possa avvenire rapidamente al raggiungimento dei valori di triggers (estensione nastro non completata, tempi di decompressione, riparazione guasti in corso). In questo caso è possibile che i valori di convergenza e pressione raggiungano i massimi valori previsti in progetto, per i quali si è comunque definita la spinta massima e la statica degli scudi.

La ripresa dello scavo, una volta risolta la problematica che lo ha impedito, potrà avvenire normalmente, eventualmente attraverso l'azionamento della spinta massima nominale di cui la TBM è dotata. In casi eccezionali,

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 73 di 90

non previsti sulla base dell'approfondimento di indagine effettuato, sarà possibile azionare altri due livelli di intervento per sbloccare comunque la macchina.

- **Primo Livello** - Azionare la spinta eccezionale di cui la TBM è dotata, pari a oltre 210.000 KN e circa doppia rispetto alla massima spinta prevista nelle condizioni peggiori di geologia
- **Secondo Livello** – Eseguire l'idrodemolizione del terreno intorno allo scudo, sistema che è permanentemente installato sulla macchina.

Gli interventi dovranno essere eseguiti in condizioni di iperbarismo secondo le usuali procedure che saranno dettagliate in apposita procedura di sicurezza, e che in sintesi consistono nel pompaggio, in camera di scavo e attraverso la testa, di fluido bentonitico con caratteristiche idonee alla formazione di una membrana impermeabile all'aria e, previo svuotamento della camera di scavo, all'immissione di aria compressa respirabile fino al raggiungimento della pressione necessaria a garantire la stabilità del fronte e dello scavo.

La squadra dedicata alla ispezione e manutenzione della testa fresante entrerà in camera e valuterà l'entità dell'intervento manutentivo e sulla base di questo eseguirà del tutto o in parte l'intervento stesso.

Durante il fermo si muoveranno ad intervalli regolari gli scudi grazie alla presenza della articolazione attiva e dei gripper ausiliari, questo mentre si inietta bentonite per lubrificare gli scudi. L'iniezione di fluido bentonitico all'interno degli scudi sarà effettuata anche prima di ripartire, al fine di creare una pellicola a basso attrito minimizzando in questo modo il rischio di un eccessivo attrito al contorno degli scudi stesso.

Durante i fermi macchina, come già illustrato in dettaglio nella "Relazione di Monitoraggio in macchina e in avanzamento", documento IF3A02EZZRHGN0100004B, sarà necessario registrare:

- La Progressiva del fermo macchina, con riferimento alla posizione della testa TBM
- La data e la durata del fermo (dalle ore alle ore)
- La motivazione del fermo e le attività eseguite durante il fermo
- Le azioni di gestione della TBM eseguite durante il fermo (ad esempio, la rotazione della testa per evitare blocchi del cutter-head, iniezioni di bentonite dallo scudo per garantire buone condizioni di lubrificazione, movimento dell'articolazione intermedia dello scudo ...)
- Registrazione dei parametri macchina, specie della forza di contatto del cutter-head, della pressione in camera di scavo e della spinta sui martinetti.
- Le osservazioni strumentali effettuate durante il fermo riguardo a pressioni sullo scudo ed evoluzioni del profilo di scavo, mediante lettura delle celle di pressione e dei fontimetri di cui sono dotati i tre settori dello scudo.

Queste informazioni consentiranno di disporre di un ritorno di esperienza utile per orientare le procedure e le modalità operative di esecuzione dei fermi successivi.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 74 di 90

11 PROCEDURE IN CASO DI VENUTE D'ACQUA ELEVATE

11.1 VALUTAZIONE DELLE PORTATE IN FASE DI SCAVO

Nell'ambito della "Relazione idrogeologica", documento IF2O00EZZRGGE0102001, si è effettuata una previsione delle possibili portate in fase di scavo (fase transitoria) impiegando la formulazione proposta da Jacob & Lohman (1952), che stabilisce che:

$$q_t = \frac{4\pi k L h_0}{2,3 \ln(2,25 k L t / S r^2)}$$

dove q_0 è la portata drenata (m³/s), k è la conducibilità idraulica (m/s), L è la lunghezza della tratta di tunnel presa in considerazione, h_0 è il carico idraulico in condizioni imperturbate (m), r è il raggio del tunnel (m), t è il tempo trascorso dall'inizio del drenaggio e SS è il coefficiente di immagazzinamento legato alla risposta elastica del mezzo acquifero, assunto pari a 1E-06 1/m.

In questo studio la previsione sulle portate emunte viene condotto cautelativamente nell'ipotesi di cavo libero, sia al fronte che al contorno, mostrando comunque come i valori di portata a metro lineare di galleria risultano trascurabili o, localmente, fino a valori massimi di 0.1-0.3 l/sec. I valori di portata superiori sono legati a zone con ammassi maggiormente fratturati, in presenza dei più elevati battenti d'acqua.

Per la localizzazione delle venute d'acqua si rimanda al profilo geomeccanico della galleria, dove sono riportate le zone di rischio, che si riferiscono principalmente a possibili settori di galleria interessati da ammassi a caratteristiche lapidee, quali il FAEc e FYR2; ulteriori situazioni di rischio potranno presentarsi in corrispondenza delle principali faglie. In ogni caso, le procedure di controllo riportate nel seguito consentiranno la gestione di tale rischio.

Stante le modalità di scavo meccanizzato, il quale prevede sia la possibilità di adottare pressioni al fronte fino a 5-6 bar, sia la posa del rivestimento definitivo impermeabile, in conci prefabbricati, a ridosso del fronte di scavo (posato a circa 10 m dalla testa di scavo), si ritiene che le portate emunte saranno molto limitate, tali da non determinare impatti significativi su pozzi e sorgenti. Allo scopo, sui profili geomeccanici di progetto, si è indicata la posizione dei pozzi e delle sorgenti principali, così da tenerne conto durante la fase di avanzamenti.

Nel capitolo seguente vengono comunque riportate indicazioni circa le procedure di controllo da adottare durante le fasi di avanzamento.

11.2 MODALITÀ OPERATIVE E PROCEDURE DI CONTROLLO

11.2.1 Avanzamento standard

Sulla base delle previste condizioni idrogeologiche e geomeccaniche di progetto (riportate in dettaglio nei profili geomeccanico e progettuale di avanzamento) sarà possibile effettuare un confronto fra la previsione progettuale e quanto effettivamente riscontrato durante lo scavo. A questo riguardo potranno essere apportate delle modifiche in modo particolare per il valore della pressione da adottare nella camera di lavoro e per la pressione di iniezione della miscela cementizia, rispetto ai valori indicati in progetto, al fine di contenere l'azione di drenaggio. In presenza di situazioni anomale, o laddove si dovesse riscontrare un afflusso in camera di scavo, estratto dalla coclea, superiore a quanto previsto, si potrà eseguire un sondaggio in avanzamento al fine di effettuare una previsione più accurata delle condizioni oltre il fronte di scavo e, nel caso, operare interventi di consolidamento attraverso le perforazioni eseguibili dalla testa della 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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 75 di 90

11.2.2 Sondaggi in avanzamento

La TBM è infatti attrezzata per eseguire sondaggi in avanzamento, situazione che potrà avvenire in corrispondenza di contatti fra le diverse formazioni o in presenza di contatti tettonici (faglie, zone di taglio, ecc.) al fine di verificare le effettive condizioni geomeccaniche ed idrogeologiche. Orientativamente tali sondaggi esplorativi saranno costituiti da un foro orizzontale direzionale, realizzato con sonda a rotazione, della lunghezza minima di 50-60 m e con diametro di circa 100 mm. Il sondaggio dovrà essere protetto mediante un apposito “preventer” secondo uno schema qualitativo illustrato nella figura seguente.

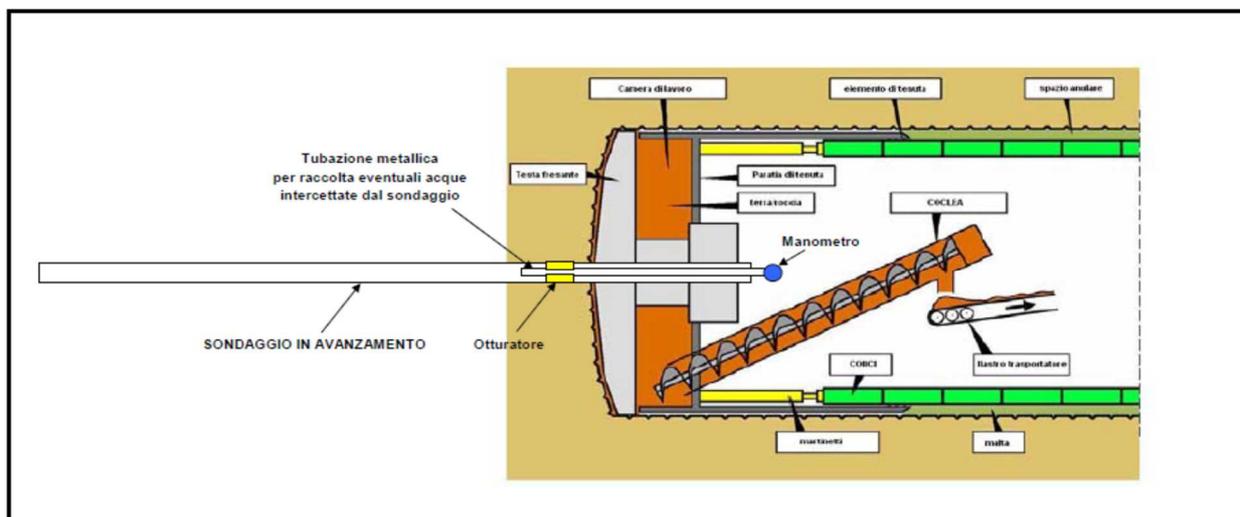


Figura 6-1 – Schema per l'esecuzione di sondaggi in avanzamento (tipologico)

Essi consentiranno di verificare in anticipo eventuali passaggi difficili e, in tema idrogeologico, potrebbero indicare presenza di ammassi saturi e molto fratturati con porosità efficace elevata. L'esecuzione di tali sondaggi consentirà anche di individuare eventuali situazioni critiche da affrontare mediante esecuzione di interventi di drenaggio o, di contro, interventi di impermeabilizzazione in avanzamento, soprattutto laddove si riscontri il rischio di impatti su preesistenze.

11.2.3 Interventi di drenaggio e consolidamento

La TBM, da specifiche tecniche riportate nel documento IF1VDNPGA207010001, prevede la possibilità di eseguire perforazioni per drenaggi e per eventuali interventi di consolidamento in avanzamento.

Nel mantello devono essere previste feritoie con tubi guida per il passaggio delle aste di perforazione, per la posa in opera di aste di drenaggio o per l'esecuzione di trattamenti di consolidamento al contorno del fronte per la riqualifica dell'ammasso e conseguente riduzione dei fenomeni deformativi, in avanzamento rispetto allo scavo. Anche nella testa fresante devono essere previsti fori predisposti per il passaggio delle aste di perforazione per l'esecuzione di sondaggi in avanzamento e di consolidamenti in avanzamento. Tutti i materiali di lavorazione che saranno impiegati per le perforazioni devono essere fresabili, per esempio utilizzando aste in alluminio anziché in acciaio.

Per gli interventi di drenaggio, in caso vengano installati dallo scudo, al contorno della TBM, i drenaggi dovranno restare attivi; quindi, essi dovranno scaricare l'acqua nell'intercapedine tra estradosso concii e profilo di scavo riempito con miscela drenante. Potranno anche essere eseguiti in avanzamento dalla testa della TBM, in questo caso occorrerà prevedere lo stop degli avanzamenti al fine di consentire la fase di “dewatering”, prima di ripartire con gli scavi. Nelle stime circa gli interventi da prevedersi sono state considerate stazioni di drenaggio, rappresentate da 3 dreni di lunghezza 50 m, da ripetersi ogni 25 m (lunghezza di sovrapposizione 25 m).

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 77 di 90

Obiettivo di queste sezioni di drenaggio, rappresentate nelle figure del presente capitolo, è determinare un abbattimento dei carichi piezometrici a tergo dei conci al fine di ridurre le pressioni idrostatiche ai seguenti valori massimi:

- Pressione idrostatica limite: 10 bar

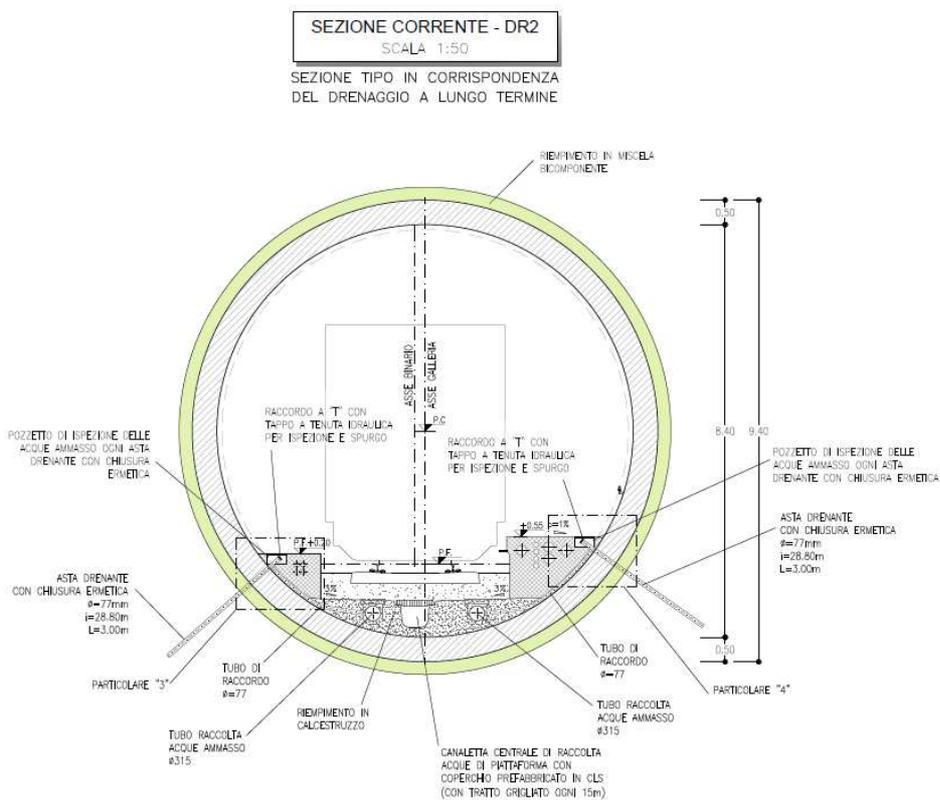


Figura 12.3. Sistema di drenaggio acque d'ammasso - DR2

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 78 di 90

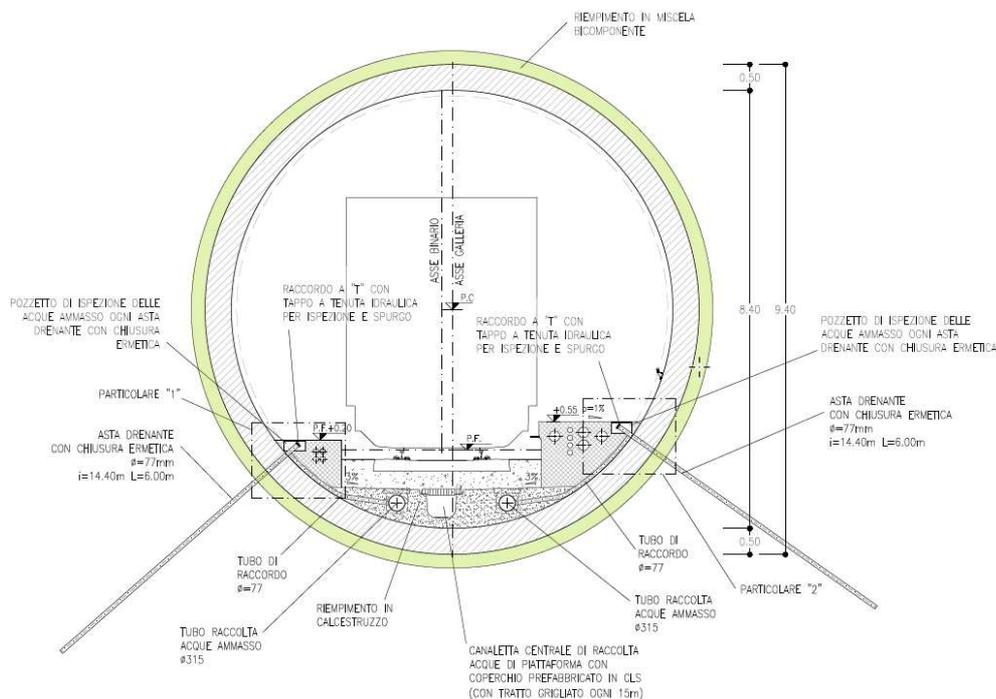


Figura 12.4. Sistema di drenaggio acque d'ammasso – DR3

Il progetto prevede per il controllo dei carichi residui sui rivestimenti, a seguito dell'azione di drenaggio, stazioni di monitoraggio prevedenti l'esecuzione di una perforazione del diametro minimo di 100-110 mm, per installare un tubo da 90 mm attrezzato con un manometro per la misura delle pressioni. La lunghezza del tubo, di minimo 80-90 cm, consente di attraversare il cono di rivestimento e l'eventuale miscela di riempimento a tergo, così da essere a contatto con l'ammasso. Qualora il riempimento fosse eseguito con pea-gravel non iniettato (soluzione di galleria drenante, con sezione DR1) la perforazione ed il tubo devono raggiungere lo strato di pea-gravel.

In funzione dei dati di monitoraggio piezometrico raccolti, sarà possibile riscontrare l'efficacia delle azioni di progetto, oppure la necessità di operare una eventuale intensificazione degli interventi di drenaggio da prevedere. Occorre infatti osservare come le analisi numeriche condotte sono affette da molteplici condizioni non facilmente modellabili (ad esempio la variabilità della permeabilità dell'ammasso, la presenza in sottoraneo di linee di flusso preferenziali, condizioni idrogeologiche locali, ...), così che si ritiene necessario adottare sistemi di controllo in corso d'opera che possano consentire di riscontrare gli abbassamenti piezometrici attesi.

È quindi importante una fase di osservazione diretta, secondo l'approccio del "metodo osservazionale", che consenta una taratura delle modellazioni e la possibilità di adottare azioni correttive al fine di raggiungere gli scopi prefissati. Questa osservazione risulta importante soprattutto entro i primi mesi dall'installazione degli anelli di rivestimento, ma occorre venga protratta negli anni, per controllo durante il periodo di esercizio dell'opera.

Si prevede pertanto la seguente frequenza di lettura:

- N. 1 lettura alla settimana per i primi 90 giorni dall'installazione;
- N. 1 lettura al mese fino a stabilizzazione dei valori, e comunque con un minimo di 2 anni, così da poter valutare le possibili escursioni stagionali.

In funzione dei dati raccolti nel corso di questo periodo di osservazione, da condursi a seguito dei lavori, ulteriori letture saranno condotte per verificare l'escursione nel tempo delle pressioni idrostatiche a tergo dei conci, indicativamente con questa frequenza:

- N. 1 lettura ogni 3 mesi per ulteriori 2 anni;

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 79 di 90

- N. 1 lettura ogni 6-12 mesi, in funzione dei dati fino a questo punto raccolti (ovvero per un periodo di 4 anni dall'installazione).

Gli ulteriori 2 anni di monitoraggio consentiranno di verificare, a seguito del periodo di riequilibrio del livello piezometrico, l'eventuale influenza della stagionalità, considerando due ulteriori cicli stagionali. Successivamente il monitoraggio piezometrico svolgerà una funzione di controllo nel tempo dell'efficienza del sistema di drenaggio, verificando che non si assista a degli anomali innalzamenti dei valori di pressione.

Nel complesso, i dati raccolti dal sistema di controllo piezometrico dovranno essere valutati tenendo conto anche della ulteriore strumentazione ubicata in galleria, in particolare modo delle stazioni speciali che sono dedicate alla verifica dello stato tensionale dei rivestimenti in opera mediante barrette estensimetriche annegate all'interno dei conci prefabbricati e delle celle di carico posizionate in due giunti fra conci adiacenti dello stesso anello. Occorrerà infatti stabilire una possibile relazione tra pressioni idrostatiche riscontrate a tergo dei rivestimenti e sollecitazioni nei materiali. Questa correlazione consentirà anche di escludere eventuali valori anomali o richiedere la necessità di ulteriore strumentazione di controllo (ad esempio se a fronte di elevati livelli piezometrici si dovessero riscontrare valori tensionali nei conci ridotte o viceversa).

Le letture dovranno essere eseguite con sistema automatico e remotizzate insieme ai dati raccolti da altra strumentazione di monitoraggio, così da poterne disporre in modo agevole e automatico.

Con riferimento ai dati di monitoraggio piezometrico raccolti, si possono prevedere i seguenti scenari, che portano ad individuare azioni correttive alle scelte progettuali condotte:

- Si fissa un valore di "soglia di attenzione" delle pressioni idrostatiche nell'ordine del 70% dei valori di progetto, (7 bar nel caso di pressione massima prevista di 10 bar); fino a tale valore si osserva una adeguata risposta all'azione di drenaggio condotta, così che nessuna azione correttiva deve essere adottata, se non procedere nel monitoraggio secondo le frequenze sopra indicate.
- Si fissa un valore di "soglia di allarme" delle pressioni idrostatiche nell'ordine del 90% dei valori di progetto, (9 bar nel caso di pressione massima prevista di 10 bar); all'approssimarsi di tale valore si ritiene necessario incrementare la frequenza di lettura, dimezzando le frequenze sopra richiamate. In particolare, nei primi due anni eseguire letture quindicinali e nei successivi due anni una lettura al mese. Questo nell'ottica di escludere anomalie di lettura e consentire di tracciare un modo più regolare la curva con l'andamento delle letture piezometriche nel tempo.
- Per valori di pressioni idrostatiche superiori ai limiti di progetto, occorre, a seguito di una valutazione complessiva dei dati (livelli piezometrici e stati tensionali), predisporre:
 - ✓ una integrazione del sistema di drenaggio se il superamento della soglia di allarme si attesta nei primi anni dalla messa in opera dei dreni,
 - ✓ oppure un'azione manutentiva di pulizia e spurgo dei dreni, nell'ipotesi che, a seguito di un primo periodo di livelli piezometrici costantemente al di sotto delle soglie, si assiste ad un progressivo innalzamento dei valori, ad indicare una perdita di efficienza del sistema di drenaggio previsto (ad esempio per otturazione dei dreni a causa di materiale fine trascinato).

Nella prima ipotesi, occorre prevede principalmente l'integrazione delle aste drenanti, riducendone il passo; in funzione dei dati monitorati, l'integrazione dell'azione di drenaggio potrà essere condotta impiegando dreni di lunghezza di 6.0-9.0 ml, rispetto alla lunghezza attualmente prevista pari a 3.00 m. I dreni aggiunti dovranno essere collettati ad un tubo di raccolta acqua posizionato sul paramento, coperto da un cls magro di protezione, e collettato ad uno dei pozzetti già previsti nel settore oggetto di intervento.

Qualora le letture piezometriche suggeriscano una perdita di efficienza dell'intervento di drenaggio, a seguito di un primo periodo dove le letture testimoniavano livelli piezometrici in linea con il progetto, occorrerà prevedere

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td 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;">GN0100 003</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">80 di 90</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	80 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	80 di 90													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

interventi di manutenzione dei dreni, operando il lavaggio a pressione da boccaforo, attraverso il pozzetto predisposto allo scopo.

Per la gestione dei drenaggi si prevedono infatti attività di manutenzione ordinaria tipiche di tali sistemi (pulizia dei dreni, spurgo ...). Si dettaglieranno meglio le azioni da introdurre nel Piano di manutenzione dell'opera.

Il sistema di controllo delle pressioni idrostatiche precedentemente descritto consentirà di valutare l'efficacia del sistema di drenaggio progettato durante la fase di costruzione dell'opera (fase di scavo e periodo di osservazione a seguito dello scavo), rimandando all'esercizio la sola fase di manutenzione delle parti d'opera.

In fase di consegna della galleria al Committente si sarà infatti valutata l'efficacia degli interventi di drenaggio e/o saranno eseguiti gli eventuali dreni necessari per abbassare la pressione al contorno della galleria nei limiti di progetto.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 81 di 90

13 ALLEGATO 1 - “CONTINUOUS MINING – PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO E VANTAGGI OPERATIVI”

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111			
	<i>Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling</i>	DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A	PAGE Pag. 1 a 8

Progetto AV NAPOLI-BARI - Lotto Hirpinia-Orsara

Specifiche Speciali TBMs

CONTINUOUS MINING

Note aggiuntive

Principi di funzionamento e vantaggi operativi

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 82 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling	DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A

Per Continuous Mining (CM) si intende una modalità di funzionamento della TBM che prevede di avviare il montaggio dei conci in durante la corsa di avanzamento della macchina, contrariamente a quanto accade nelle macchine con ciclo tradizionale, in cui le fasi di scavo e di installazione conci avvengono in fasi successive.

Utilizzare tale tecnologia su una macchina di scavo consente in generale:

- 1) una diminuzione del tempo ciclo,
- 2) una conseguente maggiore produttività.
- 3) una riduzione dei fermi
- 4) un minore sensibilità della produttività al variare dell geologia e della penetrazione

In una TBM dotata di sistema Continuous Mining la installazione dei segmenti comincia appena la TBM ha scavato circa la metà della corsa di scavo, quando si libera uno spazio nello scudo di coda sufficiente alla posa del primo concio del nuovo anello.

La scelta di iniziare la installazione dei segmenti solo una volta superata la metà della corsa di scavo deriva dalla necessità di non allungare la corsa dei cilindri di spinta, quindi la loro lunghezza e quella degli scudi.

Per posare il primo segmento i cilindri di spinta corrispondenti devono essere ritratti temporaneamente per consentire l'inserimento del concio e poi nuovamente estesi a pressare il concio appena montato.

Durante questo transitorio la spinta sui cilindri che rimangono in pressione sui restanti conci viene redistribuita in modo da mantenere inalterata la posizione del centro di spinta della TBM.

Questa operazione viene ripetuta per tutti i segmenti installati durante la seconda metà della corsa di scavo.

La redistribuzione delle pressioni sui cilindri per mantenere il centro di spinta in posizione costante durante l'avanzamento ed la contemporanea posa dei conci viene gestita in automatico dal software del PLC della macchina ed è facilitata da un circuito idraulico specifico capace di reagire con la necessaria rapidità nella redistribuzione delle pressioni.

Nelle moderne TBM, dotate di spinte elevatissime rispetto a quelle utilizzate in condizioni di funzionamento normale, le variazioni di spinta conseguenti l'attivazione del sistema di CM sono contenute e non creano condizioni di critiche sulle singole scarpe dei cilindri.

Come meglio chiarito nel seguito il numero di conci che possono essere montati durante la fase di scavo dipende da due fattori, la velocità di avanzamento della TBM ed il tempo di posa di ciascun concio.

Più la TBM avanza piano (o perché scava con elevata pressione al fronte ovvero in rocce molto dure) maggiore è il tempo richiesto per completare la seconda metà della corsa di scavo e quindi maggiore è il tempo a disposizione per il montaggio conci.

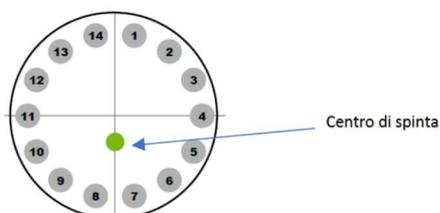
Più è rapido il montaggio conci e, a parità di tempo a disposizione, più conci possono essere montati mentre la TBM completa la seconda metà della corsa di scavo.

Di seguito si chiarisce meglio come interviene il PLC della TBM a redistribuire le pressioni con il sistema CM durante il montaggio dell'anello in fase di scavo.

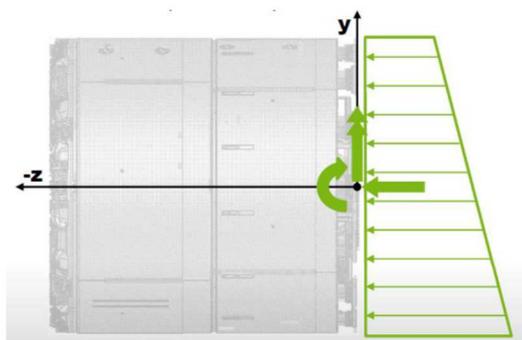
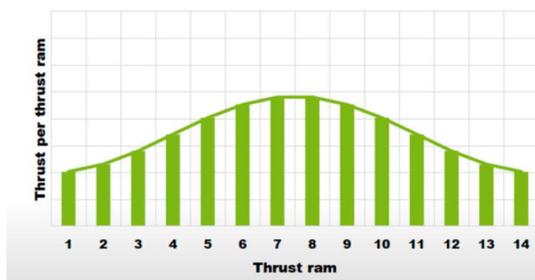
APPALTATORE: Consortio HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandataria ROCKSOIL S.P.A	Soci WEBUILD ITALIA		RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA		
	Mandanti NET ENGINEERING PINI GCF	ELETTRI-FER M-INGEGNERIA			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 83 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A

La posizione del centro di spinta durante l'avanzamento della TBM è usualmente posta sotto l'asse macchina per via della componente di attrito all'avanzamento della TBM come rappresentato qui sotto per una TBM con 14 coppie di cilindri di spinta.



Per realizzare questa posizione del centro di spinta la distribuzione della pressione nei cilindri durante la prima metà della corsa di scavo, quando ancora non è iniziata la installazione dei conci, è quella qui sotto rappresentata.



Come si osserva dal grafico la pressione varia sensibilmente tra i diversi cilindri, con pressioni nei cilindri della zona di arco rovescio pari a più di due volte quelle di calotta.

Quando si avvia il montaggio del primo conco (e similamente poi per i conci successivi) si ritraggono i cilindri corrispondenti ed il PLC della TBM aumenta la pressione nei cilindri che rimangono in spinta sugli altri conci così da compensare sia in valore che in risultante del centro di spinta.

Il PLC è capace di reagire prontamente alle variazioni di distribuzione di spinta (sistema di auto-bilanciamento) ed ha un Sistema di misura della spinta (controllo pressione) per ogni singolo cilindro.

Il Software è programmato per limitare la variazione delle pressioni nei cilindri e la spinta massima su ogni cilindro ai valori ammissibili così da non rischiare di danneggiare i conci.

Le TBM di cui è previsto l'impiego nella galleria di Hirpinia-Orsara montano una anello composto da 7 segmenti spinto da 21 coppie di cilindri di spinta, 3 per segmento.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. FOGLIO D 84 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling	DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A

Quando si attiva la modalità CM e si inizia la installazione di un segmento durante nella seconda metà della corsa di scavo, l'aumento di pressione nei cilindri che rimangono in spinta varia da un minimo del 10% ad un massimo del 35% circa in funzione di quale è la posizione del segmento che si sta installando.

Se infatti si installa un concio nella zona di calotta la spinta da compensare è minima mentre tale spinta diventa massima se si installa un concio nella zona di arco rovescio.

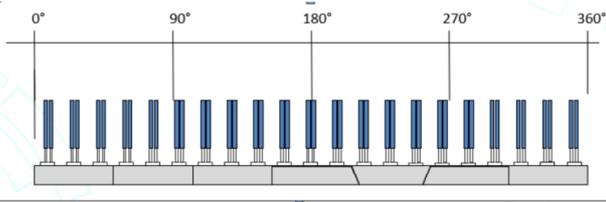
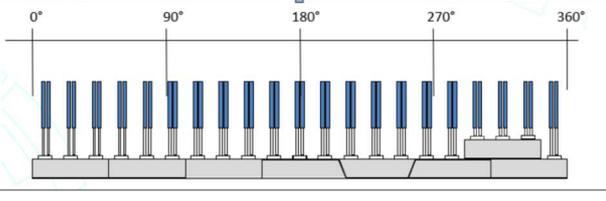
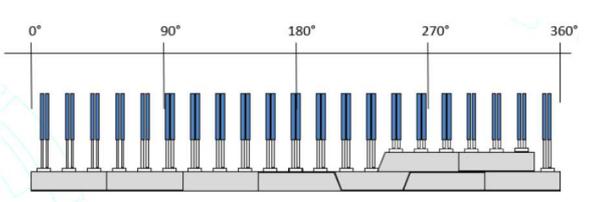
Queste variazioni di pressione, comunque inferiori a quelle che si verificano in seguito alle correzioni di guida, non comportano rischi di superamento dei limiti della macchina e dei conci, specialmente considerando che le TBM previste nel progetto hanno spinte massime ed eccezionali pari a 4-6 volte le spinte effettivamente utilizzate quando la TBM lavora in modalità aperta o anche EPB.

Tuttavia prudenzialmente, nelle le condizioni di lavoro più gravose per la TBM quando si combinano le massime pressioni EPB al fronte con terreni convergenti che esercitano forti spinte sugli scudi, si è comunque ipotizzato di installare i due conci nella zona di arco rovescio con la TBM in stand by, limitando l'impiego del sistema di CM ai cinque conci da installare nelle zone dei paramenti e della calotta.

Questo consente di limitare in queste tratte gli aumenti di pressione nei cilindri di spinta durante l'attivazione del CM ad un 10-15%.

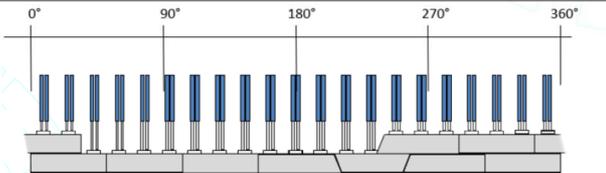
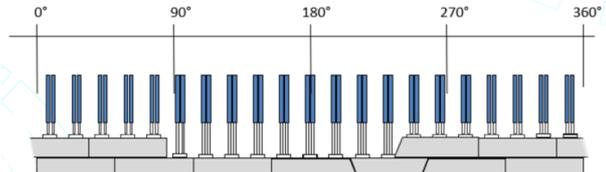
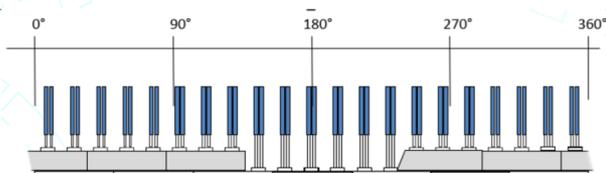
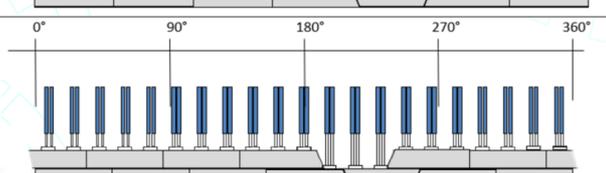
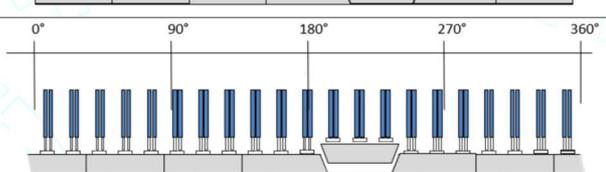
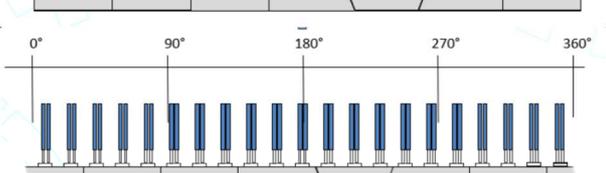
D'altra parte, proprio in queste tratte la capacità della TBM di avanzare quasi in continuo riduce le spinte agenti sugli scudi e limita il rischio di intrappolamento.

Di seguito sono riepilogate le fasi tipiche di un avanzamento continuous mining:

	<ul style="list-style-type: none"> I cilindri di spinta sono tutti posizionati sui segmenti dell'anello n-1 (tutti attivi) e la TBM avanza con lo scavo. È necessario continuare lo scavo fino a ricavare lo spazio necessario al posizionamento del successivo anello
	<ul style="list-style-type: none"> Raggiunto lo spazio necessario per il montaggio dei segmenti, si ritraggono i cilindri interessati e viene installato il 1° segmento La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 2° segmento; La TBM continua l'avanzamento

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D FOGLIO 85 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111		
	Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling	DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A

	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 3° segmento; La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 4° segmento; La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 5° segmento; La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 6° segmento; La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> Arretramento dei cilindri interessati ed Installazione del 7° segmento; La TBM continua l'avanzamento
	<ul style="list-style-type: none"> La TBM continua l'avanzamento fino al raggiungimento dello spazio necessario a posizionare il successivo anello Continuazione del ciclo precedente

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 Scavo Meccanizzato				COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 86 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling		DOCUMENT CODING 2021 – 0 – 001	REV. A	PAGE Pag. 6 a 8

Vantaggi Operativi

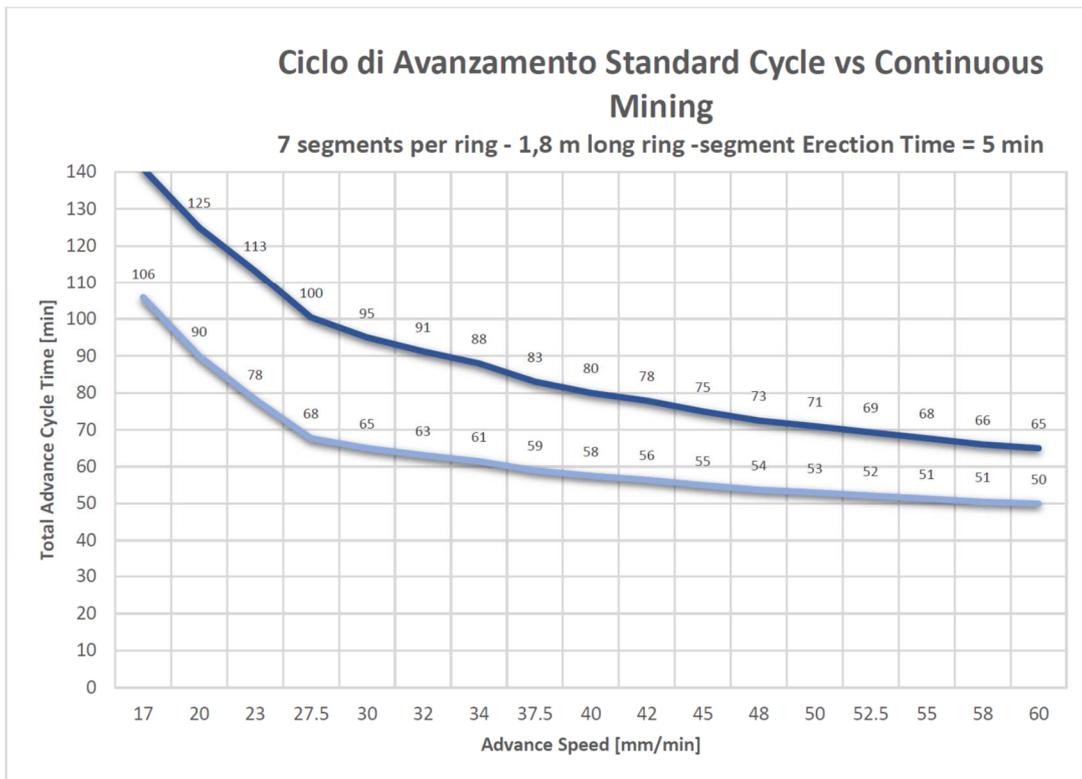
La tabella qui sotto riassume, al variare della velocità di avanzamento, le differenze di tempo di ciclo e produttività della TBM con e senza il sistema di CM attivato

TBM OPERATION			Standard Single Shield Cycle				Continuous Mining Cycle				Delta Advance Rate
OPERATION MODE	Advance Speed	Boring Stroke	Boring time	Lining erection time	Advance Cycle Time	Advance Rate Standard	Boring time	Lining Erection Critical path	Advance Cycle Time	Advance Rate Continuous Mining	
	mm/min	mm	min	min	min	m/h	min	min	min	m/h	%
	17	1800	106	35	141	0,77	106	0	106	1,02	25%
	20	1800	90	35	125	0,86	90	0	90	1,20	28%
	23	1800	78	35	113	0,95	78	0	78	1,38	31%
	27,5	1800	65	35	100	1,08	65	2	68	1,59	33%
	30	1800	60	35	95	1,14	60	5	65	1,66	32%
	32	1800	56	35	91	1,18	56	7	63	1,71	31%
	34	1800	53	35	88	1,23	53	9	61	1,76	30%
	37,5	1800	48	35	83	1,30	48	11	59	1,83	29%
	40	1800	45	35	80	1,35	45	13	58	1,88	28%
	42	1800	43	35	78	1,39	43	14	56	1,91	28%
	45	1800	40	35	75	1,44	40	15	55	1,96	27%
	48	1800	38	35	73	1,49	38	16	54	2,01	26%
	50	1800	36	35	71	1,52	36	17	53	2,04	25%
	52,5	1800	34	35	69	1,56	34	18	52	2,07	25%
	55	1800	33	35	68	1,59	33	19	51	2,10	24%
	58	1800	31	35	66	1,64	31	19	51	2,14	23%
	60	1800	30	35	65	1,66	30	20	50	2,16	23%

Queste differenze sono visualizzate nel grafico più sotto, che riporta, sempre al variare della velocità di avanzamento il tempo di ciclo, e quindi la produttività, con e senza il sistema di CM attivato.

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 Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 003	REV. D	FOGLIO 87 di 90

	Webuild S.p.A. Via dei Missaglia, 97 20142 MILAN (ITALY) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment Underground & Tunnelling		DOCUMENT CODING 2021 - 0 - 001	REV. A	PAGE Pag. 7 a 8



Il vantaggio del sistema CM.

- E' maggiore alle basse velocità di avanzamento, quindi in condizioni di terreno difficile o quando in roccia dura.
- Rende meno sensibile il tempo di ciclo di avanzamento al variare della geologia

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">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;">GN0100 003</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">88 di 90</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	88 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	88 di 90												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																	

14 ALLEGATO 2 – GESTIONE TBM E SOVRASCAVI IN GALLERIA

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">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;">GN0100 003</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">89 di 90</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	89 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	89 di 90												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																	

15 ALLEGATO 3 – SPECIFICHE TECNICHE TBM

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA																
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER M-INGEGNERIA	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">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;">GN0100 003</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">90 di 90</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	90 di 90
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 003	D	90 di 90												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																	

16 ALLEGATO 4 – DICHIARAZIONE COSTRUTTORE TBM SU PRESSIONE SCUDI



Webuild S.p.A.
Centro Direzionale Milanofiori
Strada 6 - Palazzo L
20089 Rozzano (MI)

Tel. +39 02 444 22 456
e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com
Tel. +39 02 444 22 234
e-mail: l.tafari@webuildgroup.com
Tel. +39 02 444 22 231
e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com

Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries

DOCUMENT CODING

TS | WB | TM | EN | 001

REV. PAGE

A 1 of 9

GALLERIA HIRPINIA

ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI

AZIONAMENTO SOVRASCAVO E CONTROLLO GUIDA

A	30-05-22	Issue	LT	LM	RG
REV.	DATE	DESCRIPTION	DRAFTED	CHECKED	APPROVED

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com		
		DOCUMENT CODING TS WB TM EN 001	REV. A	PAGE 2 of 9

Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries

1- INTRODUZIONE

Gli approfondimenti di indagine eseguiti in sede di PE e la loro interpretazione, ha confermato la presenza, nel settore centrale della galleria, di ammassi appartenenti alle Formazioni del FYR Flisch Rosso e delle Argille Policrome del Calaggio APC, con condizioni geo meccaniche particolarmente scadenti che, combinate con una copertura dell'ordine dei 190 m, genera un elevato rischio di "squeezing". Un rischio analogo è inoltre presente nel settore di galleria caratterizzato dalla transizione tra la Formazione del Flysch del Faeto ed il Flysch Rosso, in presenza di coperture fino a 230 m.

Lungo queste tratte si confermano quindi le previsioni di convergenze elevate e di pressioni del terreno sugli scudi anche particolarmente elevate.

Per fare fronte a questo comportamento del terreno le due TBM che scaveranno questa galleria sono state progettate con una capacità di spinta eccezionale, così come gli scudi della macchina sono stati dimensionati per resistere alle massime pressioni previste del terreno, fino a 10-15 bar. Inoltre, allo scopo di mantenere spinte e pressioni entro i limiti massimi di dimensionamento, le stesse TBM hanno scudi con una conicità elevata ed una capacità di Overcutting variabile fino ad un limite massimo di 130 mm sul raggio.

Onde consentire in ogni situazione e nelle diverse configurazioni un accurato controllo delle guida ed il completo riempimento della camera di back-filling tra conci e scavo, è stata prevista la possibilità di adattare il sovrascavo alla effettiva convergenza attraverso una serie di dispositivi e procedure specifiche.

Nel seguito di questa nota tecnica vengono descritte le configurazioni e le modalità operative previste nelle diverse tratte di questa galleria con particolare riguardo a sovrascavi, guida e iniezioni di riempimento. Obiettivo del documento è mostrare come la tecnologia della TBM consente di gestire, con estrema flessibilità, i sovrascavi, così da raccordarsi al reale comportamento del cavo in fase di avanzamento della TBM.

2- CONFIGURAZIONE STANDARD DELLA TBM, CONICITA' E SOVRASCAVI

Al di fuori della tratta di attraversamento delle Formazioni sopra richiamate, le altre formazioni interessate dal tracciato della galleria hanno caratteristiche variabili ma mai estreme e sono previste convergenze ridotte, gestibili con la conicità dello scudo e con l'impiego, localmente, di un sovrascavo di 60 mm sul raggio mediante azionamento dei copy-cutters idraulici.

Per lo scavo di queste tratte è stato conseguentemente previsto che la macchina avanzi nella configurazione standard (**Figura Allegato 1**).

In questa configurazione la testa della TBM ha un sovrascavo limitato a 20 mm sul raggio rispetto allo scudo anteriore, quello minimo sufficiente a compensare l'usura dei cutters periferici.

La conicità complessiva dello scudo di coda, rispetto allo scudo anteriore, è di 100 mm sul raggio, ottenuta mediante due "salti" di 50 mm, il primo tra scudo anteriore e scudo intermedio ed il secondo tra scudo intermedio e scudo di coda.

3- CONTROLLO GUIDA E INIEZIONI DI BACK-FILLIG IN CONFIGURAZIONE STANDARD

Il gioco tra scavo e scudo anteriore in questa configurazione standard è molto limitato e, anche in assenza di convergenza, la testa fresante sottoscava rispetto allo scudo di anteriore 20 mm, il minimo necessario per tenere conto dell'usura degli utensili.

Questo consente di guidare la macchina senza alcuna criticità come anche impedisce al grouting di back-filling di filtrare verso la testa.

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com		
		DOCUMENT CODING TS WB TM EN 001	REV. A	PAGE 3 of 9

Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries

Sempre per contenere le iniezioni di back-filling sono previsti, inoltre, due anelli di tenuta di guarnizioni multi-lamellari, uno disposto come di consueto all'estremità posteriore dello scudo di coda ed uno in corrispondenza al primo salto di diametro tra scudo anteriore e scudo intermedio. Questa soluzione è stata già applicata con successo in altri progetti, tra cui la Metro di Atene. Infine, sei stabilizzatori (**Figura Allegato 6**), di cui 4 "fin stabilizers", posizionati nella metà inferiore dello scudo, e 2 "round stabilizers", nella metà superiore dello scudo, impediscono il rollio degli scudi. La loro azione è tuttavia utile non tanto in questa configurazione, ma piuttosto nelle configurazioni con maggior overcutting e convergenza relativamente bassa, come descritto nel seguito.

4- EVENTUALE OVERCUTTING IN CONFIGURAZIONE STANDARD

Anche durante lo scavo delle formazioni per le quali non si prevedono convergenze importanti, sia il gap tra scudi e scavo, sia l'eventuale pressione del terreno sugli scudi saranno monitorati con continuità.

A questo scopo sono installati su ciascuno scudo (anteriore, intermedio e coda) tre sensori di pressione e altrettanti di convergenza (del tipo fontimetri).

Il segnale di questi sensori, opportunamente elaborato anche graficamente, sarà inviato in tempo reale al PLC della TBM che lo visualizzerà sullo schermo dell'operatore, segnalando condizioni di allerta ed allarme in modo che possano essere prese tempestivamente le misure di adattamento del diametro di scavo e spinta alla effettiva convergenza.

Nel caso si verifichi un'eccessiva convergenza del terreno rispetto allo scudo, con valori di trigger preventivamente posti a 2,5 cm di gap residuo sullo scudo intermedio e/o 2,5 cm sullo scudo di coda, sarà attivato l'overcutting in steps progressivi, in funzione dell'andamento delle convergenze.

I diversi gradi di overcutting si ottengono attraverso lo spessoramento dei supporti dei cutters periferici combinato con l'installazione di cutters addizionali e con l'utilizzo di cutters con tagliente di diametro maggiorato.

Ciascun step di overcutting è previsto di 20 mm fino ad un massimo di 60 mm, oltre ai 20 mm di sovrascavo nominale tra testa TBM e testa scudo.

Modulando l'overcutting progressivamente, si mitiga il rischio che ci si trovi con le condizioni di massimo overcutting e con convergenze pari a zero o di entità trascurabile, tali da generare problemi di guida o necessità di elevati riempimenti di back-filling a tergo dei conci.

Tuttavia, qualora, per qualsiasi motivo, si verificasse la combinazione di un elevato sovrascavo e di una convergenza ridotta, la guida verticale della TBM verrebbe garantita dall'azionamento dell'articolazione attiva (**Figure Allegati 2, 3 e 4**), che consente, modificando l'assetto verticale dello scudo anteriore, di mantenere inalterato il sottoscavo della testa rispetto agli scudi.

Gli anelli multi-lamellari di tenuta avranno inoltre dimensione sufficiente ad accomodare le possibili variazioni del gap anulare.

5- MODIFICA CONFIGURAZIONE PRIMA DELL'ATTRAVERSAMENTO DELLA FORMAZIONE DEL FLYSH ROSSO

Raggiunta una ventina di metri prima delle progressive 50+208 binario Dispari e 50+231 binario Pari, quindi poco prima dell'ingresso nella fascia di transizione tra le Formazioni del Flysch del Faeto e del Flysch Rosso, si eseguiranno dei fori di prospezione sistematici in avanzamento e delle prove di "cross holes" utilizzando gli stessi fori di prospezione.

Questo per individuare con precisione il contatto tra le due formazioni e fermare l'avanzamento della TBM 15-20 metri prima dell'inizio del contatto o del settore dove l'ammasso inizia a mostrare una spiccata propensione a convergere sugli scudi.

In questa posizione la macchina verrà riconfigurata ed in particolare:

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com								
		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE						
Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries		<table border="1"> <tr> <td>TS</td> <td>WB</td> <td>TM</td> <td>EN</td> <td>001</td> </tr> </table>	TS	WB	TM	EN	001	A	4 of 9	
TS	WB	TM	EN	001						

- Il main-drive verrà sollevato, rispetto allo scudo anteriore, di 130 mm.
- Il diametro di scavo della testa sarà aumentato di 130 cm sul raggio attraverso la installazione di utensili di taglio aggiuntivi e il prolungamento degli scrapers di carico.
- Si adotterà una configurazione degli utensili di taglio a prevalenza di rippers, utensili questi più adatti alle formazioni argillose.
- Si sostituiranno i lamierini di tenuta con dei multiplates
- Si verificherà il settaggio della pressione del circuito dei cilindri di spinta per garantire la spinta massima di dimensionamento.

Terminata questa riconfigurazione, la TBM sarà nelle condizioni rappresentate nella **Figura Allegato 5**.

6- AVANZAMENTO NELLA TRATTA DEL FYR

La TBM nella nuova configurazione avanzerà fino all’inizio della tratta con ammassi spingenti. In questi 15-20 metri la TBM verrà avanzata con attenzione, impiegando gli stabilizzatori previsti (si veda capitolo 11) per evitare fenomeni di rollio ed aumentando progressivamente il riempimento della camera e la pressione al fronte, con procedura analoga a quella utilizzata in avvio dello scavo, avendo cura di mantenere sempre piena la camera tra concii e scavo.

In questa tratta di avvicinamento si ridurrà il tempo di gel della miscela di back-filling (di veda capitolo 10) e si aumenterà anche progressivamente la pressione di iniezione per mantenerla sempre di poco superiore alla pressione in camera.

Inoltre, si avanzerà senza attivazione del “continuous mining” onde sfruttare lo stand by della TBM durante il montaggio anello per verifiche dei parametri di scavo, convergenza, guida e iniezione e per settare conseguentemente i parametri operativi della TBM per la corsa successiva.

Nel primo settore di transizione tra la Formazione del FAE e del FYR il comportamento deformativo dell’ammasso potrà essere discontinuo, stante l’alternanza di bancate marnose ed argillose; una volta entrati nella formazione del FYR si prevede invece che la convergenza raggiunga da subito i massimi valori previsti.

Comunque, come analisi di sensitività, anche ipotizzando localmente la presenza di parametri migliori per questa formazione, la convergenza all’interno del FYR non potrà scendere sotto un valore minimo di circa 15-20 cm. Lungo questa tratta quindi:

- La guida verticale non verrà influenzata in quanto il sottoscavo della testa rispetto allo scudo anteriore sarà quello minimo standard di 20 mm, mentre la guida e stabilità orizzontale, come anche l’antirollio sarà garantita dagli stabilizzatori.
- Le dimensioni radiali della camera di iniezione rimarranno ridotte, stante la convergenza attesa, e non si verificherà il rischio che la miscela di iniezione rifluisca verso la testa.
- Questo anche in quanto la TBM opererà sempre in modalità EPB in pressione e la iniezione della miscela bicomponente sarà mantenuta leggermente superiore alla pressione al fronte (meno di mezzo bar), in modo da assicurare il completo riempimento della camera evitando allo stesso tempo il rifluire della miscela sulla testa, come avviene normalmente nei funzionamenti mediante TBM del tipo EPB con camere di scavo in pressione.

Inoltre, come ulteriore misura di regolazione e controllo delle convergenze, riducendo o aumentando la pressione di confinamento al fronte e lungo lo scudo (in quest’ultimo caso mediante gli iniettori di fluidi bentonitici) sarà possibile modificare l’entità della convergenza e di conseguenza il gap della camera di iniezione di back-filling.

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com		
		DOCUMENT CODING TS WB TM EN 001	REV. A	PAGE 5 of 9

Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries

7- UTILIZZO DEL SISTEMA DI COPY CUTTER

Il copycutter verrà azionato solo localmente per fare fronte alle tratte con maggiore convergenza, previste in entrata ed in uscita dalla formazione del Flysh Rosso, ove sono previsti i contatti tettonici tra formazioni, oppure localmente, qualora si riscontrassero condizioni locali ancora più scadenti.

Il copycutter, essendo ad azionamento idraulico progressivo, non crea sottoscavo.

Inoltre, essendo azionato proprio e solo per contrastare le maggiori convergenze, non può essere ipotizzato il suo utilizzo in tratte che non convergono.

La sua influenza sulla guida della TBM e sulle iniezioni a tergo dello scudo è conseguentemente nulla.

8- DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI INIEZIONE

Attraverso la gestione progressiva del sovrascavo in funzione della effettiva convergenza del terreno è impossibile che si verifichi la combinazione di massimo overcutting e convergenza zero come anche non è prevedibile che, nelle tratte più critiche dove si prevede l'impiego dei massimi sovrascavi, le convergenze siano nulle.

In ogni caso l'impianto di iniezione è stato dimensionato con una capacità sufficiente ad assicurare il riempimento della camera anche nel caso che, per qualsiasi motivo, oggi non prevedibile o anche ipotizzabile, l'intero gap teorico massimo (quindi con i 130 mm di overcutting) fosse attivo in una tratta a convergenza zero. In particolare:

- | | |
|--|---------------------------|
| - Diametro di scavo con massimo overcutting; | 10.180 mm |
| - Diametro di estradosso rivestimento: | 9.400 mm |
| - Volume da riempire con avanzamento di 60 mm/min: | 43,16 m ³ /ora |
| - Capacità impianto di iniezione: | 56 m ³ /ora |

9- SENSORI DI CONVERGENZA E DI PRESSIONE

Nella gestione progressiva dell'overcutting, della spinta e della pressione al fronte giocano un ruolo importante i misuratori di pressione e convergenza installati sugli scudi.

Per questo motivo abbiamo previsto tre sensori di pressione, e altrettanti di convergenza, per ciascuno scudo, anteriore, intermedio e coda.

Il segnale di questi sensori, opportunamente elaborato anche graficamente, sarà inviato in tempo reale al PLC della TBM che lo visualizzerà sullo schermo dell'operatore, segnalando condizioni di allerta ed allarme in modo che possano essere prese tempestivamente le misure di adattamento del diametro di scavo alla effettiva convergenza. Nel tratto del Flysh Rosso consentirà di attivare o meno l'ulteriore sovrascavo mediante copycutters.

10- ADEGUAMENTO MISCELA DI INIEZIONE

Per quanto sopra descritto, sia nella configurazione standard che in quella a diametro di scavo maggiorato per l'attraversamento del Flysch Rosso, non si verificheranno mai le condizioni di massimo sovrascavo e zero convergenza.

Tuttavia, le dimensioni della camera di iniezione tra conci e scavo varieranno lungo il tracciato come anche la presenza o meno di acqua.

In questo contesto la miscela di iniezione sarà adeguata lungo la galleria sia all'effettivo gap anulare della camera di iniezione che della presenza o meno di acqua.

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com		
		DOCUMENT CODING TS WB TM EN 001	REV. A	PAGE 6 of 9

L'adeguamento delle miscele avverrà i seguenti interventi:

- Variando i tempi di gel tra 6 e 12 secondi in funzione dello spessore della camera.
- Variando la viscosità Marsh della miscela

In generale infatti:

- Variando la percentuale di silicato e la tipologia si possono regolare i tempi di gel tra 6 e 12 secondi.
- La viscosità Mash della miscela si può variare tra 33-36 secondi a 40-42 secondi, aumentando il dosaggio di cemento e/o bentonite o inserendo un additivo antidilavante nella miscela.

Onde stabilire preventivamente le miscele più adatte alle diverse situazioni, verrà eseguita una campagna di prove di laboratorio per mettere a punto le diverse miscele.

La campagna di prove prevedrà anche di utilizzare gli stessi iniettori dello scudo della TBM per replicare le condizioni reali di lavoro.

11- GUIDA DELLA TBM

In ogni configurazione di sovrascavo la testa della TBM non sotto-scaverà rispetto allo scudo oltre al minimo necessario (20 mm) per compensare il consumo dei taglienti periferici.

Questo grazie a due dispositivi utilizzati in alternativa o in combinazione:

- L'articolazione attiva, che consente allo scudo anteriore di formare un angolo rispetto allo scudo intermedio e di coda.
- La possibilità di sollevare il main drive, disassando così la testa dallo scudo anteriore per una misura massima di 130 mm (è possibile anche disassare la testa per misure intermedie ma nella galleria di Orsara non è prevista la necessità di queste configurazioni intermedie, essendo il comportamento dell'ammasso sostanzialmente uniforme lungo la tratta in questione).

Il rollio e la rotazione degli scudi sono invece contrastati dagli stabilizzatori, che avranno una corsa eccedente il massimo sovrascavo anche in assenza di convergenze (**Figura Allegato 6**).

Essendo la TBM operata in pressione lungo tutte le tratte critiche, la stessa pressione fornirà un sostegno anteriore alla TBM, che aiuterà a stabilizzare la macchina facilitandone la guida.

Questo comportamento è stato verificato in diversi progetti ed anche recentemente nelle gallerie del progetto COCIV dove l'assenza di articolazione attiva nelle macchine ha reso particolarmente delicata la loro guida in situazioni di overcutting elevato.

12- CONTINUOUS MINING

Il sistema di continuous mining non è influenzato dall'entità del sovrascavo ma solo dalle pressioni nei diversi cilindri si spinta principale.

Il sistema prevede che, quando viene installato un determinato segmento (ed i corrispondenti cilindri di spinta sono quindi retratti) il PLC della TBM ridistribuisca la pressione sui restanti cilindri, aumentandola in alcuni e diminuendola in altri, onde mantenere invariata la posizione del centro di spinta.

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com		
		DOCUMENT CODING TS WB TM EN 001	REV. A	PAGE 7 of 9

Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries

Lo stesso PLC verifica che queste variazioni non comportino pressioni nei cilindri di spinta che generino spinte sulle scarpe di appoggio superiori a quelle per cui sono dimensionati i conci del rivestimento prefabbricato.

In quelle locali tratte ove fosse richiesta la massima spinta su tutti i cilindri il sistema di continuous mining non sarà attivato e la macchina avanzerà in modalità normale.

13- LUBRIFICAZIONE SCUDI CON BENTONITE

Ciascuno scudo (anteriore, intermedio e coda) è dotato di 16 ugelli per la iniezione di bentonite disposti ad anello lungo una circonferenza dello scudo.

Questi ugelli, nelle tratte a forte convergenza, spruzzano un film di bentonite sul mantello dello scudo per pochi secondi ogni 15 mm di corsa (o come diversamente settato) con un dosaggio volumetrico controllato e limitato per non interessare la iniezione di back-fill.

Il film di bentonite mantiene lubrificati gli scudi e riduce l'attrito con il terreno spingente.

Il circuito del sistema di iniezione ha una capacità superiore ai 5 bar massimi di lavoro della TBM in modalità EPB.

14- INTERVENTI DI MODIFICA OVERCUTTING

Le piccole modifiche all'overcutting della TBM che si rendessero necessarie lungo le tratte scavate dalla TBM in configurazione standard saranno eseguite preventivamente al verificarsi di condizioni critiche grazie alle misurazioni in tempo reale di convergenza e pressione del terreno sugli scudi fornite dai sensori installati sui tre scudi.

Tali interventi, che avvengono attraverso lo spessoramento di alcuni taglienti periferici e l'eventuale installazione di taglienti aggiuntivi, richiedono un tempo di fermo limitato, variabile tra le 2 e le 4 ore e quindi eseguiti in ombra alla manutenzione giornaliera.

L'intervento di cambio configurazione per portare l'overcutting al massimo valore previsto di 130 mm sarà invece eseguito, insieme alle altre riconfigurazioni previste prima che la TBM raggiunga il contatto con le formazioni spingenti e il tempo di stand-by per questa sola operazione è stimato in circa tre settimane.

Pur eseguendo questo intervento in una situazione geologica favorevole, durante l'intervento si terrà monitorato il comportamento del terreno e, grazie al sistema di articolazione attiva, gli scudi intermedio e di coda saranno mossi di qualche cm ad intervalli di tempo stabiliti.

Lungo l'attraversamento della tratta del FYR non sono previsti fermi per modifica dell'overcutting, completandosi lo scavo della TBM che avanza lato Bari nel camerone di smontaggio della Finestra F1.

15- CONCLUSIONI

Per la gran parte del tracciato della Galleria Hirpinia non sono previste convergenze particolari del terreno e la TBM potrà avanzare attivando l'overcutting in misura modesta, solo localmente, e mantenendo in assetto la macchina grazie alla articolazione attiva.

Lungo l'attraversamento della tratta interessata dalle Formazione del FYR ed APC e della transizione tra FYR e FAE, nel tratto centrale della galleria, le caratteristiche delle formazioni sono tali da generare elevate convergenze.

Anche ipotizzando che localmente le caratteristiche della formazione del FYR siano (ragionevolmente) migliori, le convergenze del terreno saranno comunque non inferiori a 15-20 cm

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com																		
Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries		<table border="1"> <tr> <td colspan="4">DOCUMENT CODING</td> <td>REV.</td> <td>PAGE</td> </tr> <tr> <td>TS</td> <td>WB</td> <td>TM</td> <td>EN</td> <td>001</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td>8 of 9</td> </tr> </table>	DOCUMENT CODING				REV.	PAGE	TS	WB	TM	EN	001	A						8 of 9
DOCUMENT CODING				REV.	PAGE															
TS	WB	TM	EN	001	A															
					8 of 9															

e quindi non determineranno condizioni critiche per il riempimento della camera di iniezione ovvero il rollio degli scudi.

Le caratteristiche della miscela di iniezione saranno comunque adattate lungo il tracciato alle dimensioni della camera ed alla presenza di acqua. Questo sulla base di una campagna di prove di laboratorio eseguite preventivamente all'inizio scavo. Inoltre, il sistema di iniezione, portata e pressioni, è stato dimensionato per consentire, nel tempo di avanzamento della TBM, il riempimento del gap a tergo dei conci anche in presenza dei massimi volumi (ovvero con massimo sovrascavo ed assenza di convergenza).

La TBM è stata progettata per poter essere guidata in ogni combinazione di overcutting e convergenza grazie:

- alla presenza di un'articolazione attiva
- alla possibilità di sollevare il main drive disassando la testa dallo scudo
- ai 6 stabilizzatori che impediscono il rollio dello scudo e la sua rotazione

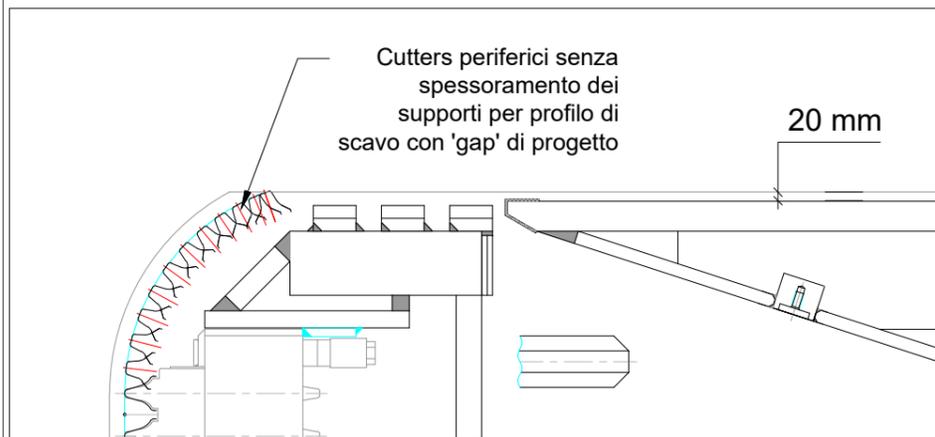
Il sistema di continuous mining non è influenzato dall'entità dell'overcutting e della convergenza e non modifica le geometrie relative tra conci e scarpe di spinta. Il PLC della TBM manterrà automaticamente le pressioni in ogni cilindro di spinta inferiori a quelle massime che determinano le spinte ammissibili sui conci.

	Webuild S.p.A. Centro Direzionale Milanofiori Strada 6 - Palazzo L 20089 Rozzano (MI)	Tel. +39 02 444 22 456 e-mail: m.lazzarino@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 234 e-mail: l.tafari@webuildgroup.com Tel. +39 02 444 22 231 e-mail: o.bonfanti@webuildgroup.com												
Plant & Equipment – TBM & Auxiliaries		<table border="1"> <tr> <td colspan="4">DOCUMENT CODING</td> <td>REV.</td> <td>PAGE</td> </tr> <tr> <td>TS</td> <td>WB</td> <td>TM</td> <td>EN</td> <td>A</td> <td>9 of 9</td> </tr> </table>	DOCUMENT CODING				REV.	PAGE	TS	WB	TM	EN	A	9 of 9
DOCUMENT CODING				REV.	PAGE									
TS	WB	TM	EN	A	9 of 9									

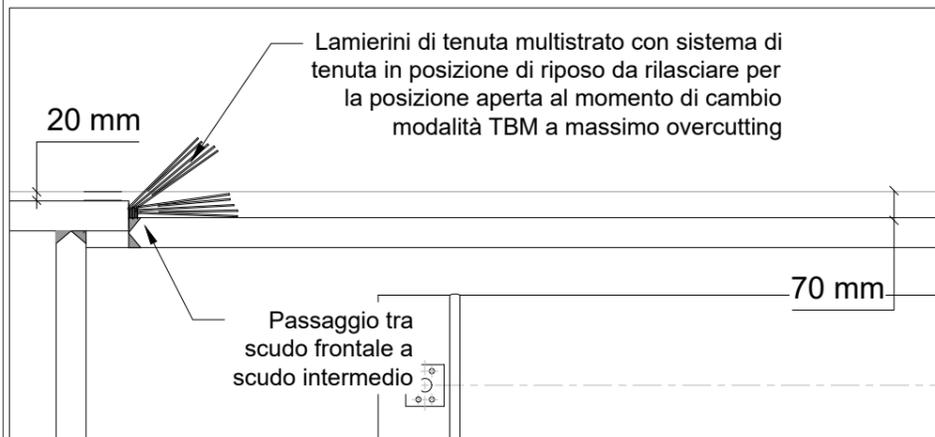
1- ALLEGATI

- 1- Allegato 1 – Configurazione TBM standard, diametro di scavo 9920 mm
- 2- Allegato 2 – Configurazione TBM con articolazione attiva
- 3- Allegato 3 – Configurazione TBM con articolazione attiva
- 4- Allegato 4 – Configurazione TBM con articolazione attiva
- 5- Allegato 5 – Configurazione TBM per attraversamento Flysh Rosso (+130 mm radiali)
- 6- Allegato 6 – Posizione stabilizzatori

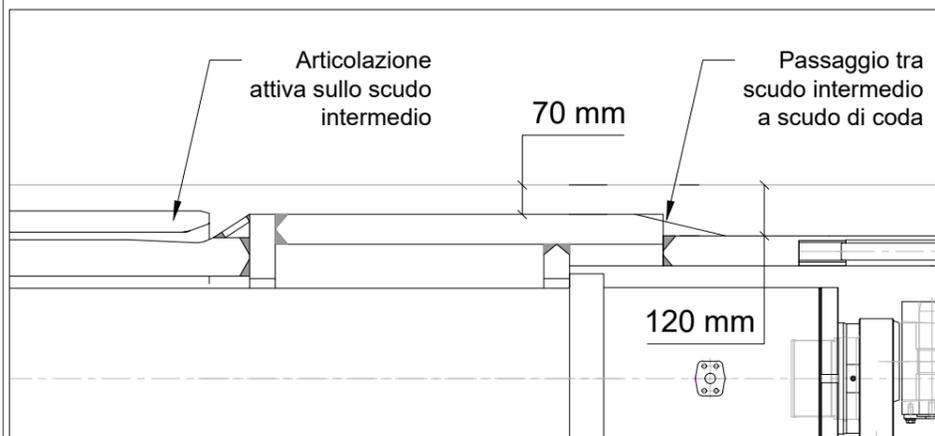
DETTAGLIO A



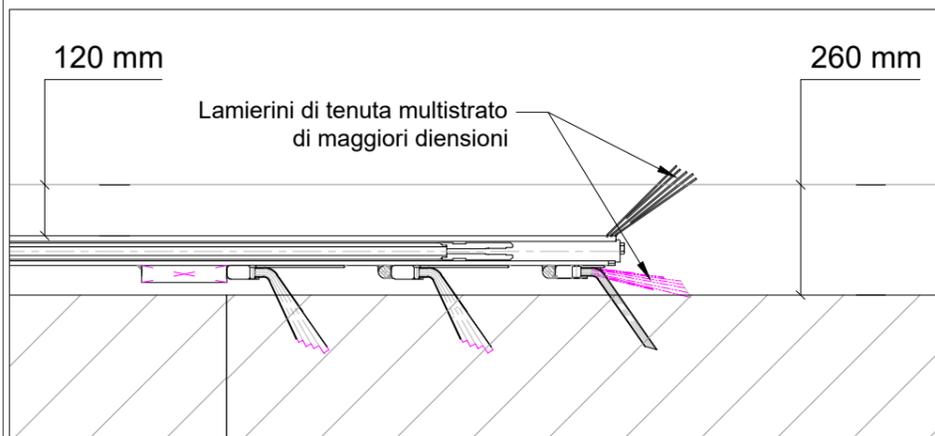
DETTAGLIO B



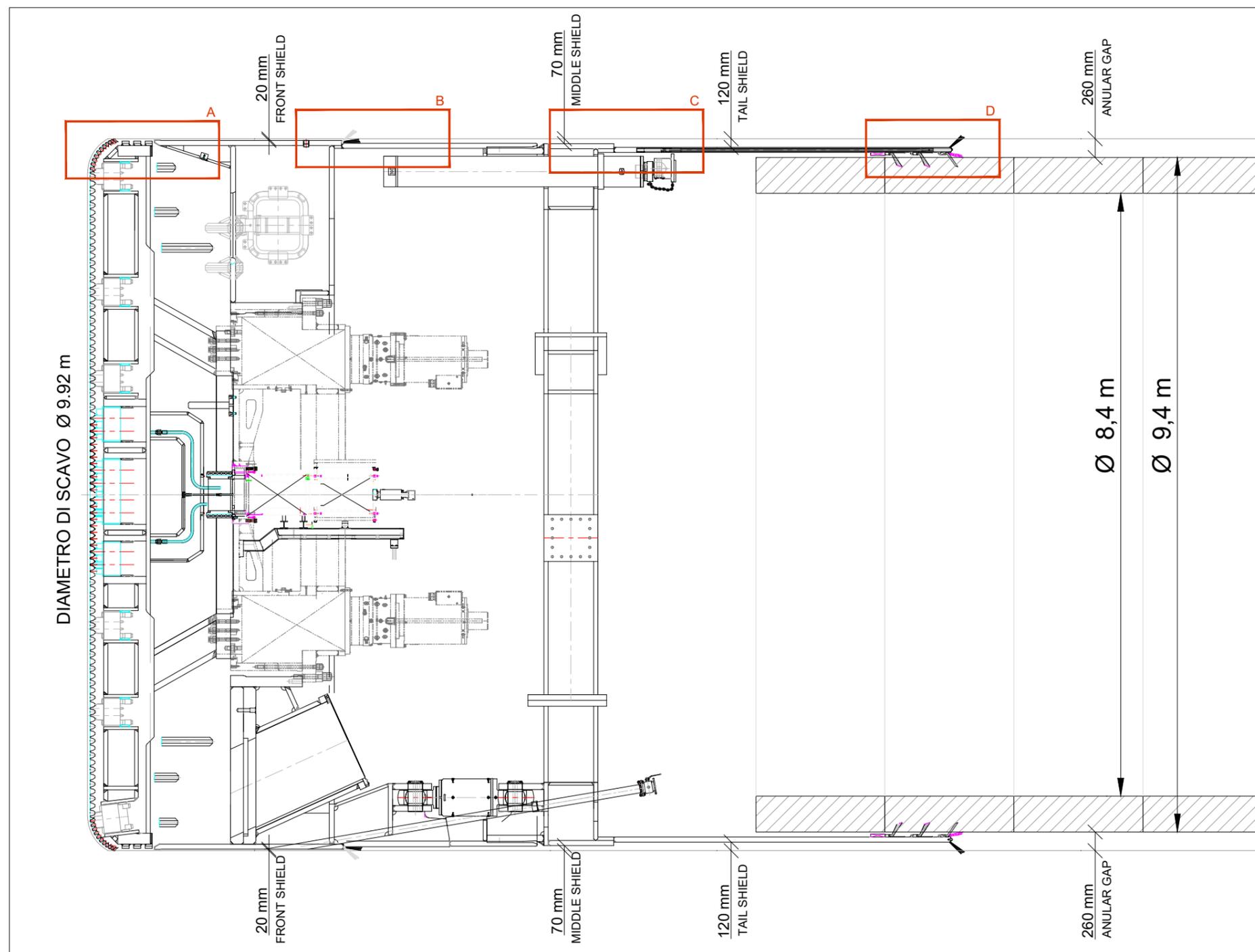
DETTAGLIO C



DETTAGLIO D



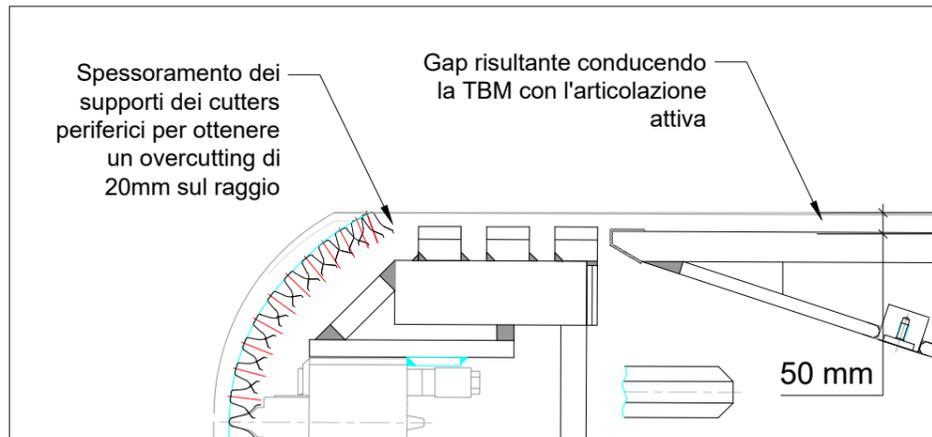
CONFIGURAZIONE BASE DELLA TBM SENZA SOVRASCAVO, CON FORTE CONICITA' DEGLI SCUDI ED EQUIPAGGIATA PER AFFRONTARE TERRENI FORTEMENTE STRINGENTI



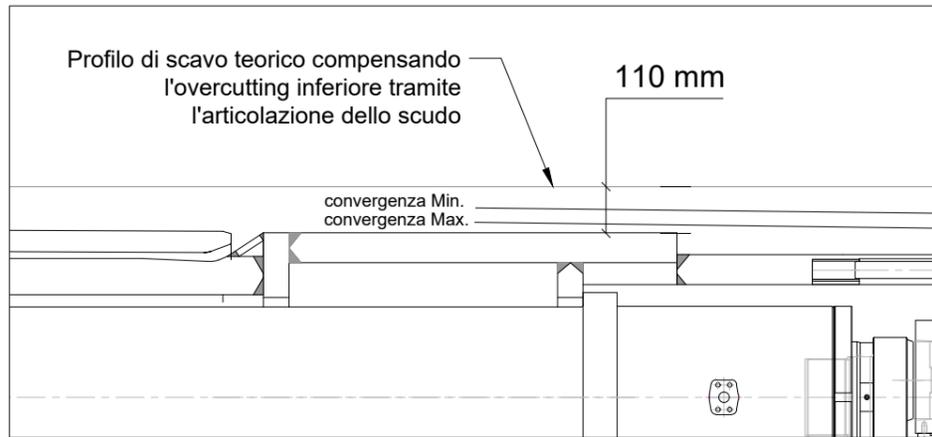
SOSTITUISCE / REPLACES		ST-DIT		DATA / DATE	SOSTITUITO DA / REPLACED BY		ST-DIT		DATA / DATE
DISEGNATO / DRAWN		CONTROLLATO / CHECKED		APPROVATO / APPROVED		SCALA / SCALE		FOGLIO / SHEET	
17/06/2022		17/06/2022				no scale		1 di / of 1	
D. G.		R. G.							
		GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 1 - configurazione scavo senza overcutting							
		SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg							
N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIRITTO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO COMUNIQUE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE. N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS									

DRAFT

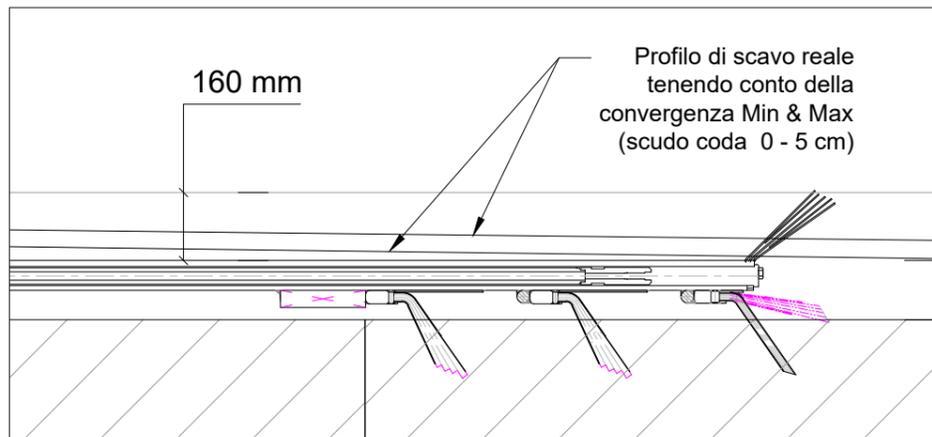
DETTAGLIO A



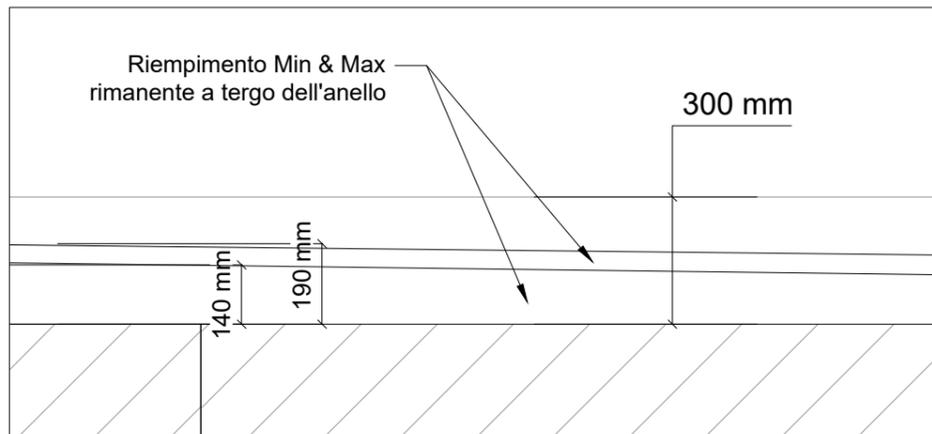
DETTAGLIO B



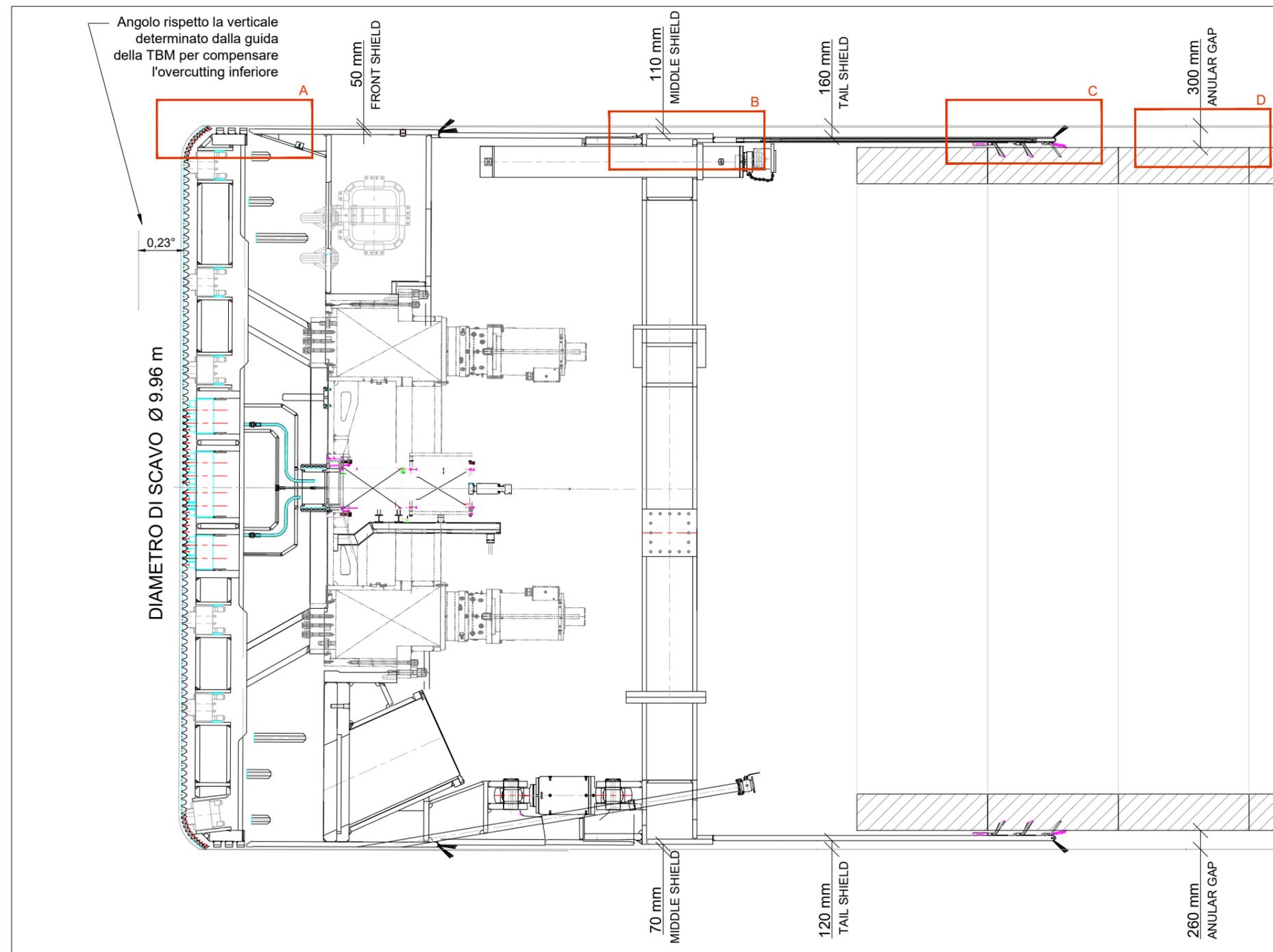
DETTAGLIO C



DETTAGLIO D



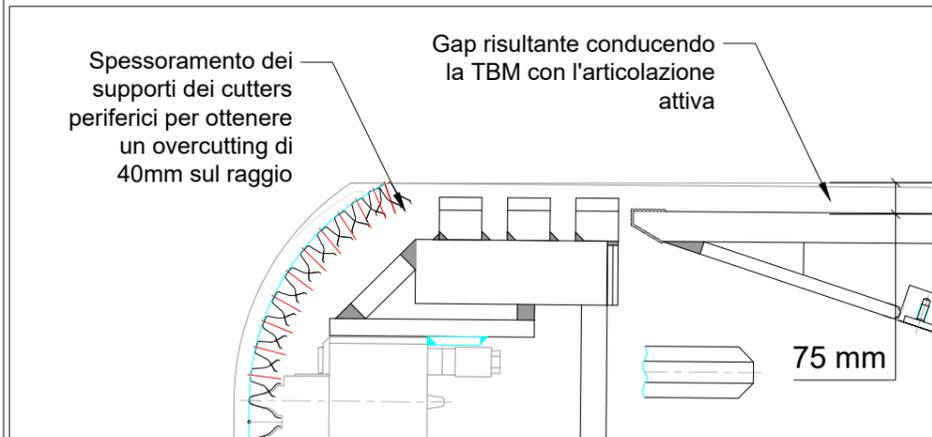
CONFIGURAZIONE DELLA TBM CON SOVRASCAVO DI 20mm SUL RAGGIO E COMPENSAZIONE VERSO L'ALTO TRAMITE ARTICOLAZIONE ATTIVA DELLO SCUDO INTERMEDIO



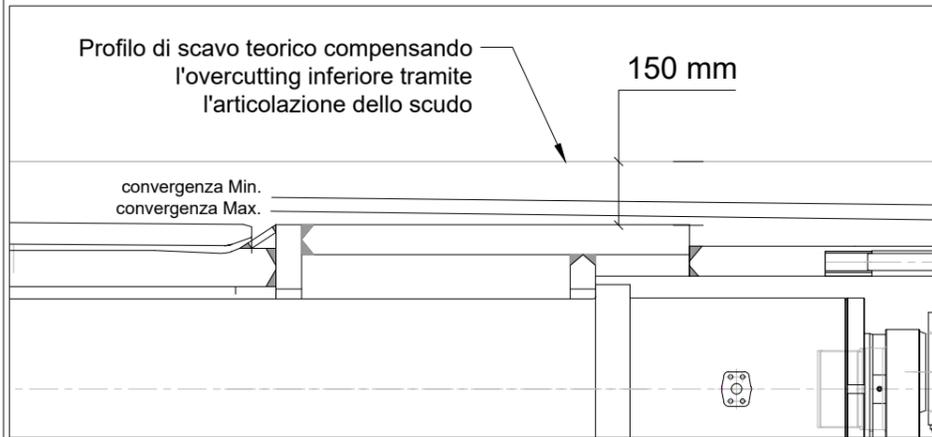
SOSTITUISCE REPLACES		ST-DIT	DATA / DATE FIRMA / SIGN	SOSTITUITO DA REPLACED BY	ST-DIT	DATA / DATE FIRMA / SIGN
DISEGNATO / DRAWN	CONTROLLATO / CHECKED	APPROVATO / APPROVED	SCALA / SCALE	FOGLIO / SHEET		
17/06/2022	17/06/2022		no scale	1 di / of 1		
D. G.			R. G.			
			GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 2 - sovrascavo 20mm sul raggio			
			SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg			
N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO COMUNIQUE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE. N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS						

DRAFT

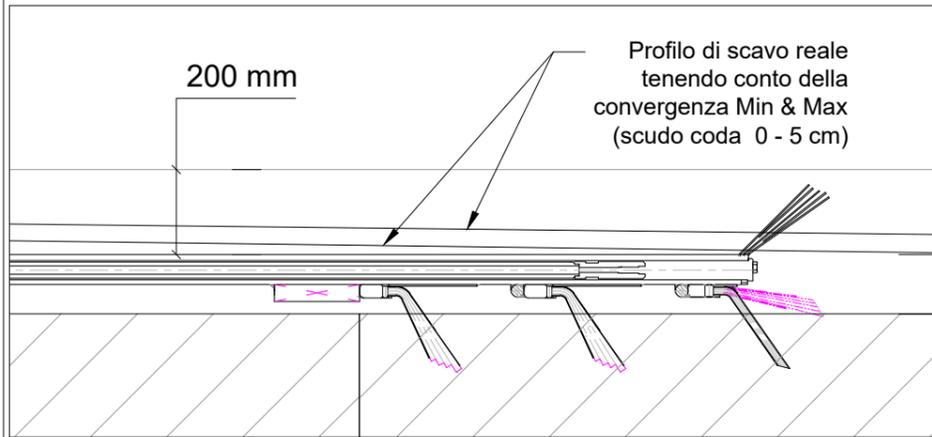
DETTAGLIO A



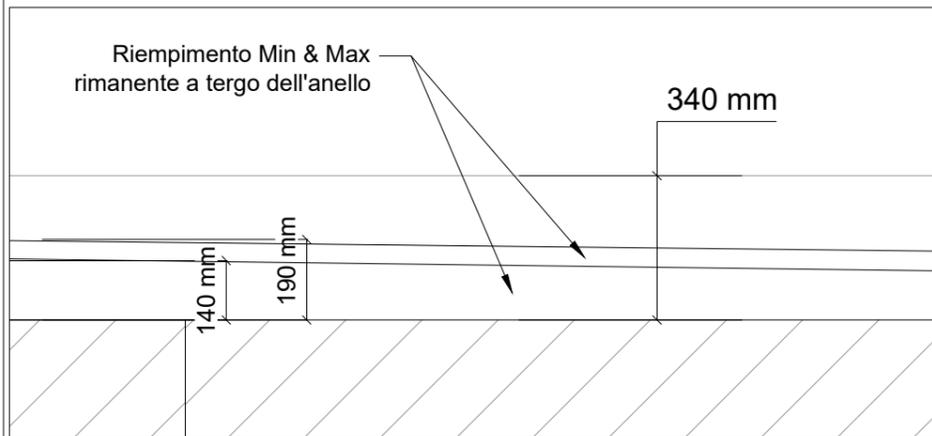
DETTAGLIO B



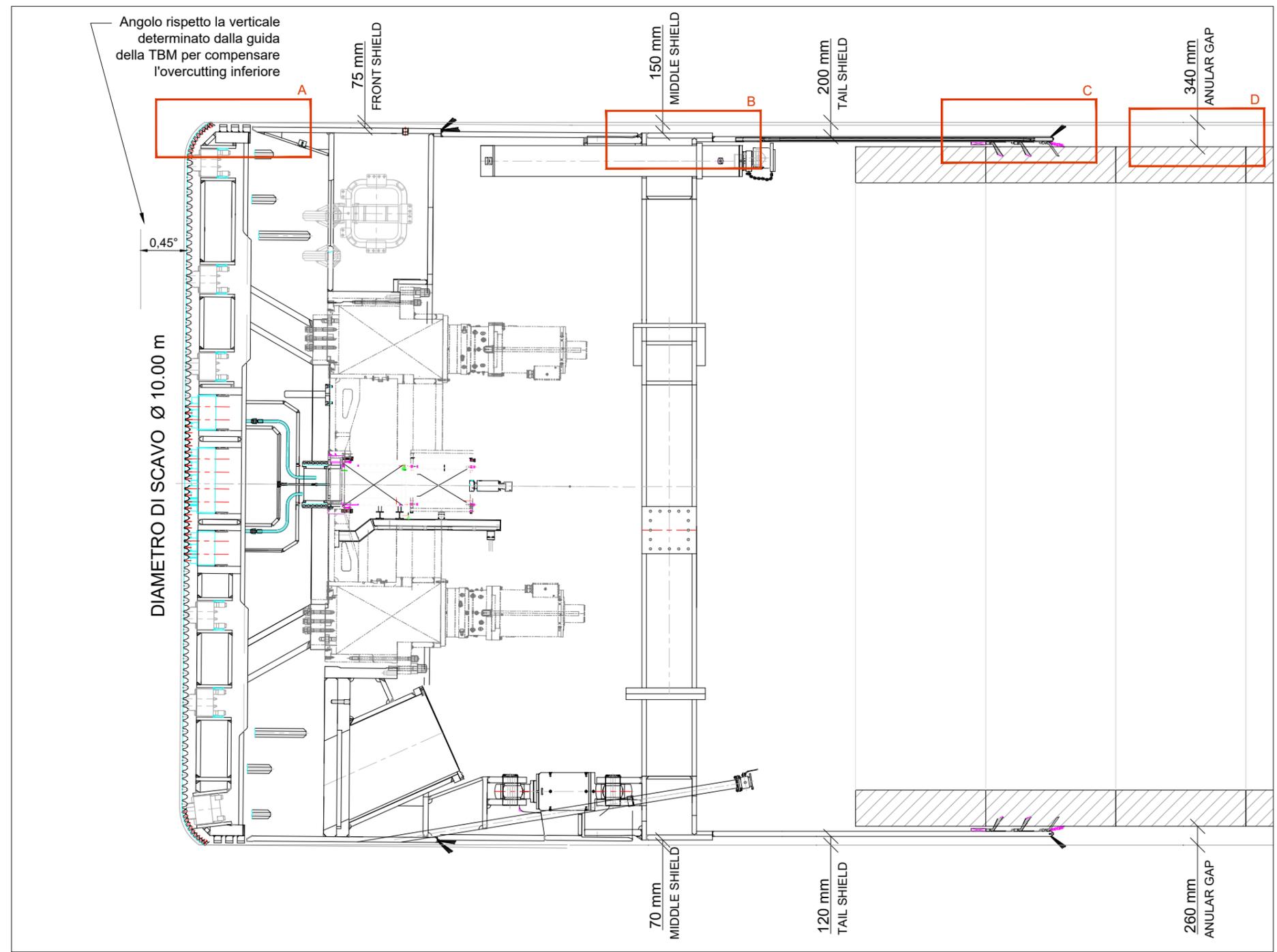
DETTAGLIO C



DETTAGLIO D



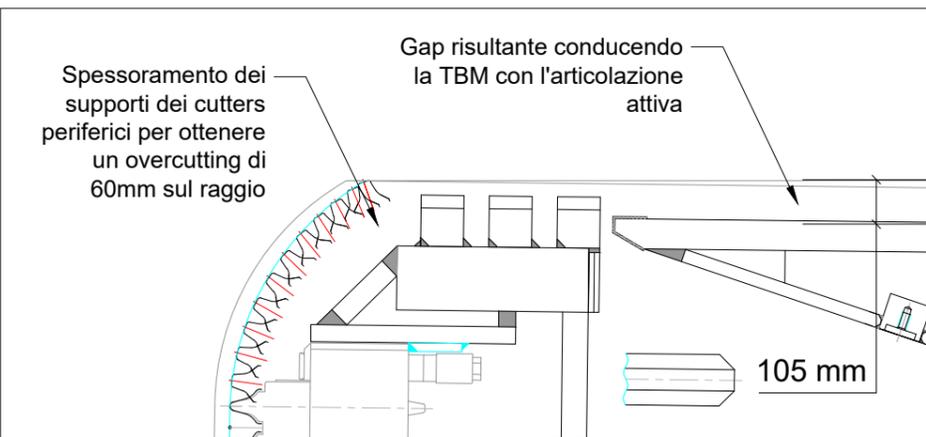
CONFIGURAZIONE DELLA TBM CON SOVRASCAVO DI 40mm SUL RAGGIO E COMPENSAZIONE VERSO L'ALTO TRAMITE ARTICOLAZIONE ATTIVA DELLO SCUDO INTERMEDIO



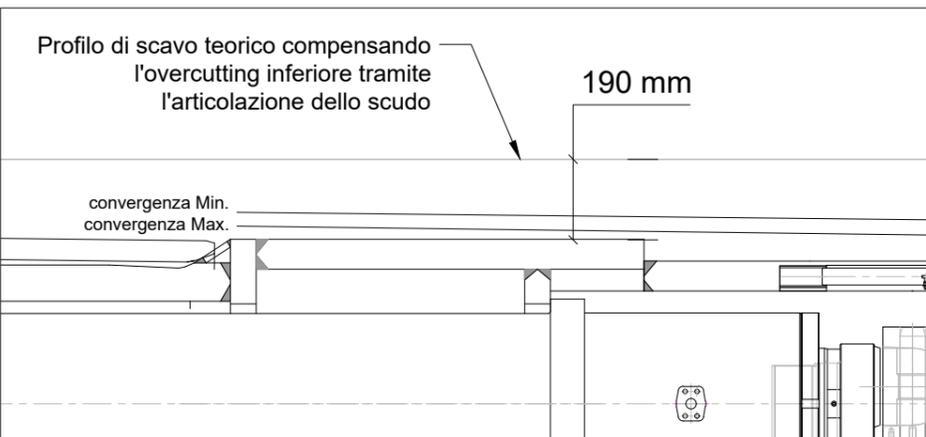
SOSTITUISCE REPLACES		ST-DIT	DATA / DATE FIRMA / SIGN	SOSTITUITO DA REPLACED BY	ST-DIT	DATA / DATE FIRMA / SIGN
DISEGNATO / DRAWN	CONTROLLATO / CHECKED	APPROVATO / APPROVED	SCALA / SCALE	FOGLIO / SHEET		
17/06/2022	17/06/2022		no scale	1 di/ of 1		
				GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 3 - sovrascavo 40mm sul raggio		
SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg						
N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO COMUNQUE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS						

DRAFT

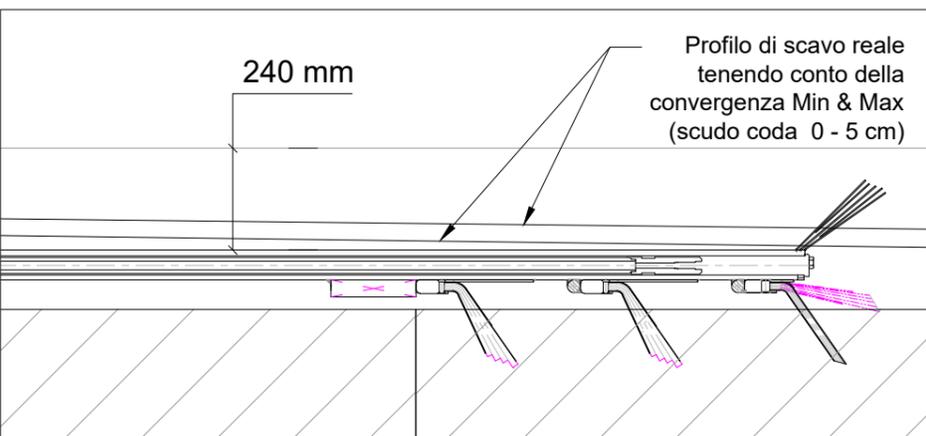
DETTAGLIO A



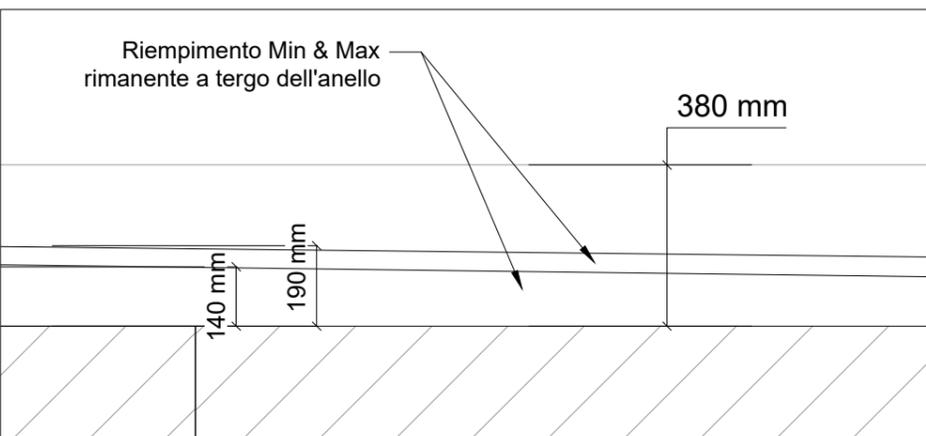
DETTAGLIO B



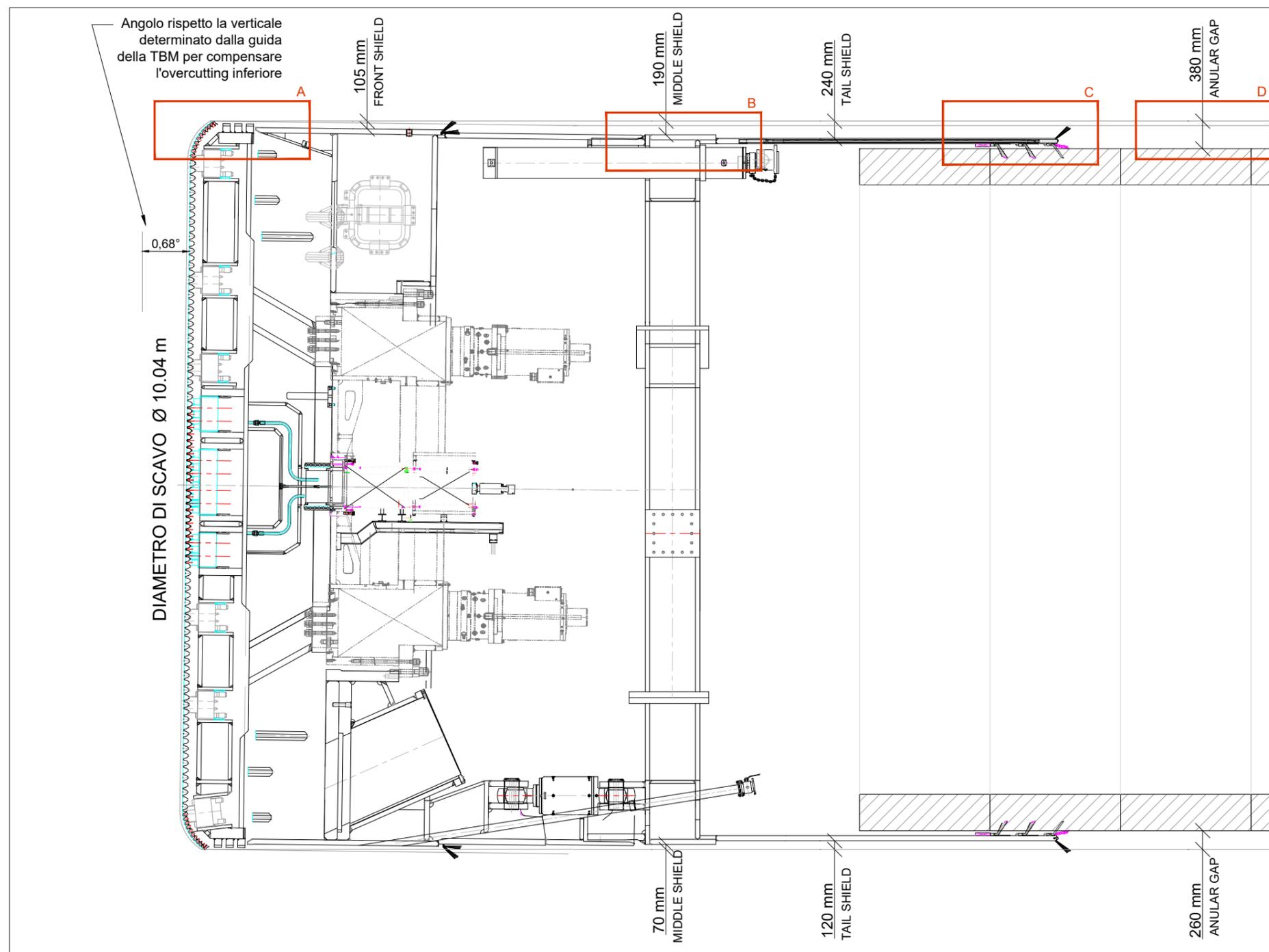
DETTAGLIO C



DETTAGLIO D



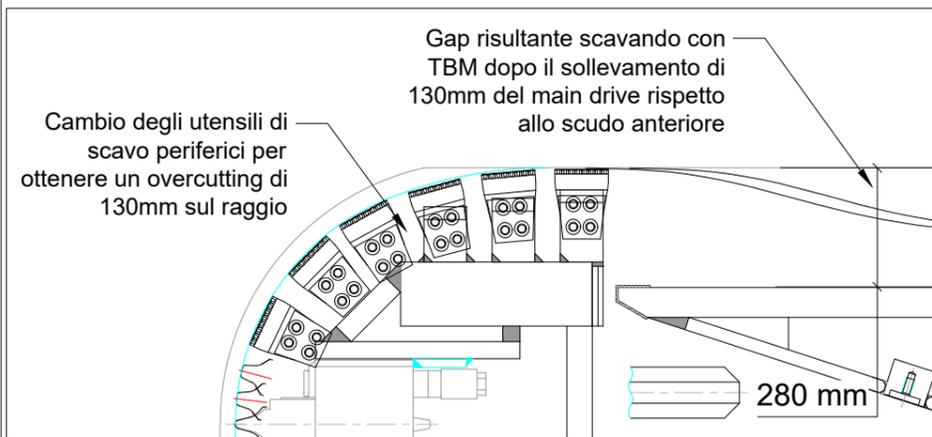
CONFIGURAZIONE DELLA TBM CON SOVRASCAVO DI 60mm SUL RAGGIO E COMPENSAZIONE VERSO L'ALTO TRAMITE ARTICOLAZIONE ATTIVA DELLO SCUDO INTERMEDIO



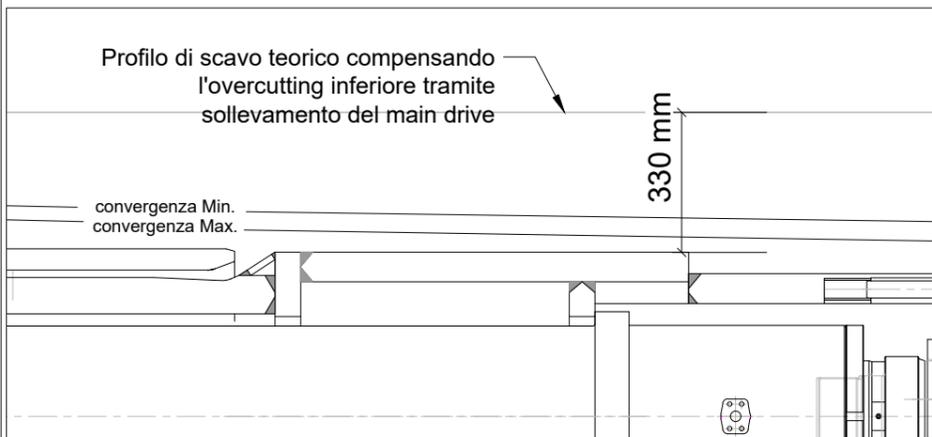
DRAFT

SOSTITUISCE / REPLACES		ST-DIT		DATA / DATE	SOSTITUITO DA / REPLACED BY		ST-DIT		DATA / DATE
DISEGNATO / DRAWN		CONTROLLATO / CHECKED		APPROVATO / APPROVED		SCALA / SCALE		FOGLIO / SHEET	
17/06/2022		17/06/2022				no scale		1 di / of 1	
D. G.		R. G.							
			<p align="center">GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 4 - sovrascavo 60mm sul raggio</p>						
SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg									
<small>N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURRE O DI RENDERSLO COMUNQUE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE. N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS</small>									

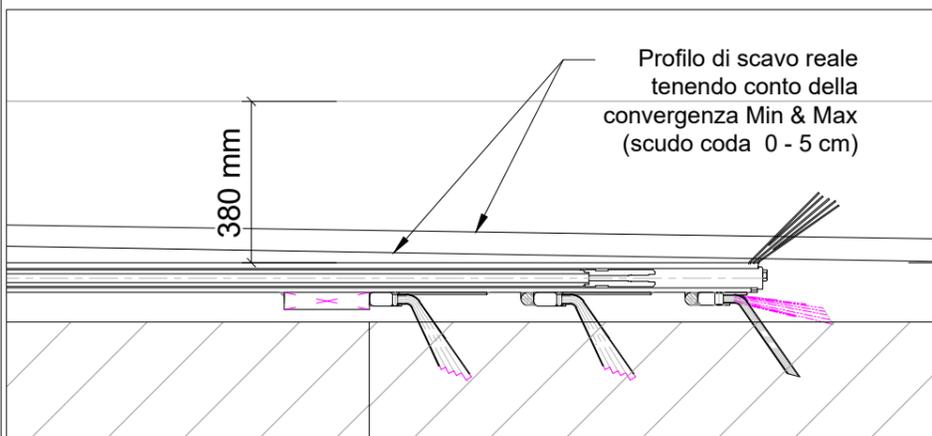
DETTAGLIO A



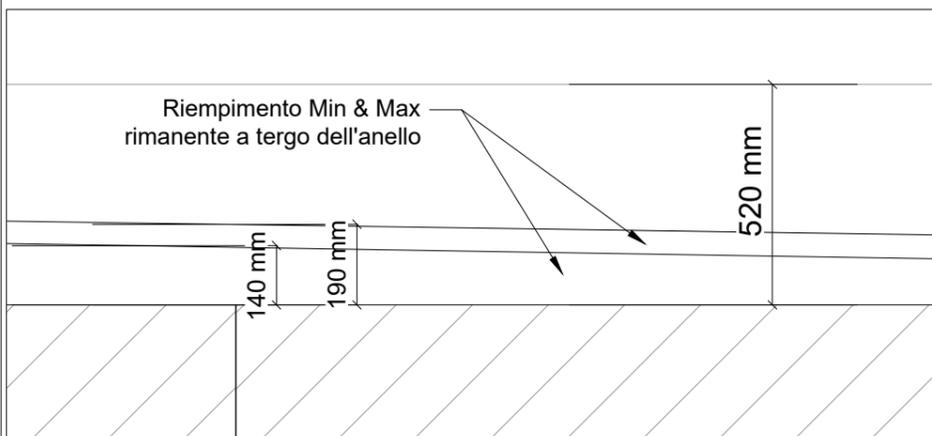
DETTAGLIO B



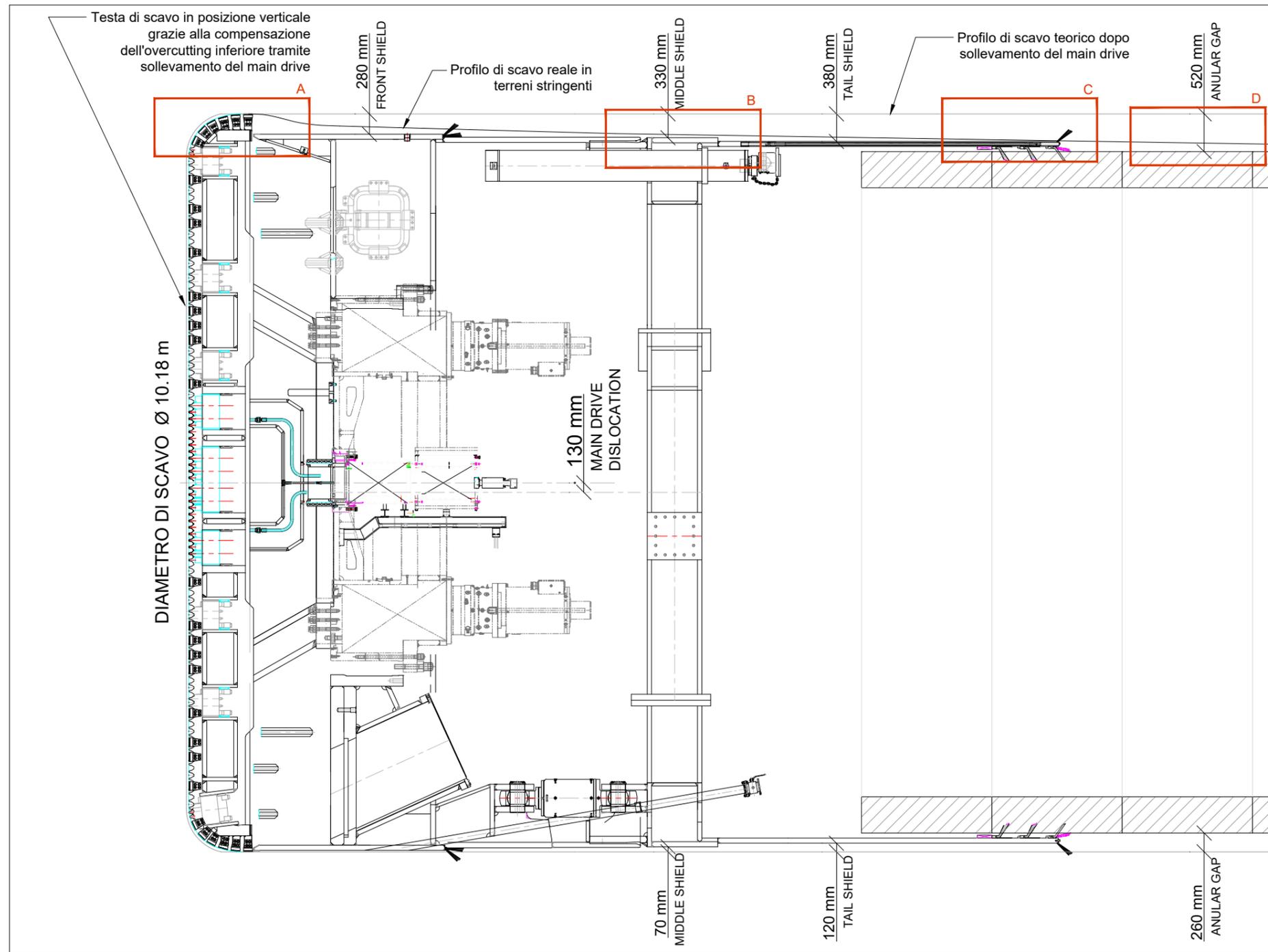
DETTAGLIO C



DETTAGLIO D



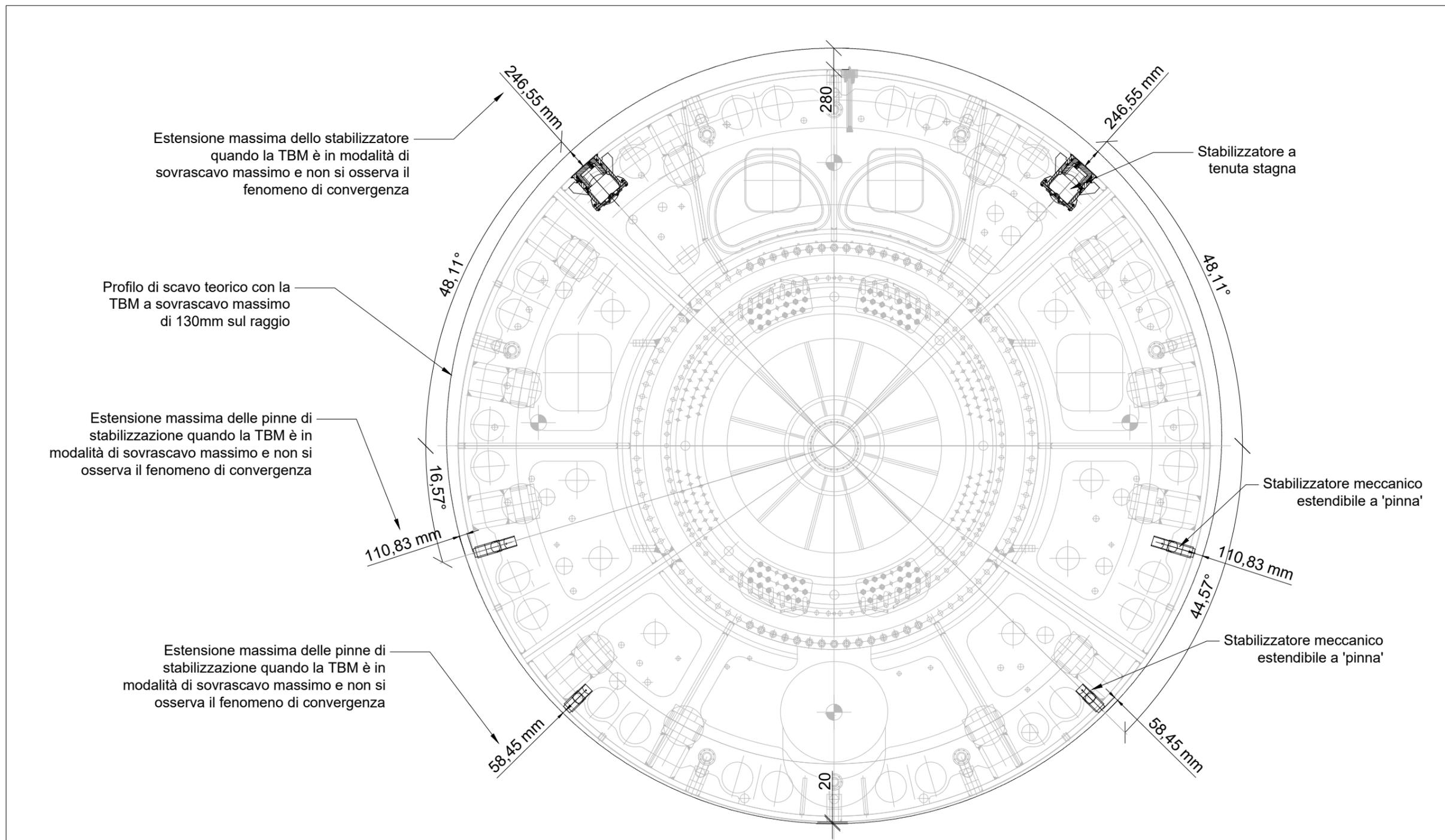
CONFIGURAZIONE DELLA TBM CON SOVRASCAVO DI 130mm SUL RAGGIO E COMPENSAZIONE VERSO L'ALTO TRAMITE SOLLEVAMENTO DEL MAIN DRIVE RISPETTO LO SCUDO ANTERIORE



SOSTITUISCE / REPLACES		ST-DIT		DATA / DATE	-		DATA / DATE	-	
FIRMA / SIGN		-		SOSTITUITO DA / REPLACED BY		ST-DIT		FIRMA / SIGN	
DISEGNATO / DRAWN		CONTROLLATO / CHECKED		APPROVATO / APPROVED		SCALA / SCALE		FOGLIO / SHEET	
17/06/2022		17/06/2022		-		no scale		1 di / of 1	
FIRMA / SIGN		D. G.		R. G.		-		-	
		GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 5 - sovrascavo 130mm sul raggio							
		SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg							FOGLIO / SHEET
N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDEROLO COMUNQUE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE. N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS									

DRAFT

CONFIGURAZIONE DELLA TBM CON SOVRASCAVO DI 130mm SUL RAGGIO E SOLLEVAMENTO DEL MAIN DRIVE NEL CASO NON SI MANIFESTI CONVERGENZA DELL'AMMASSO



SOSTITUISCE REPLACES		ST-DIT		DATA / DATE	SOSTITUITO DA REPLACED BY		DATA / DATE
DATA / DATE		17/06/2022	17/06/2022	SCALA / SCALE		no scale	
FIRMA / SIGN		D. G.	R. G.			FOGLIO / SHEET 1 di / of 1	
		GALLERIA HIRPINIA ATTRAVERSAMENTO TERRENI FORTEMENTE CONVERGENTI ALLEGATO 6 - sovrascavo 130mm e convergenza nulla					
		SO.22.00.HIRP.WB.01.DRW.SCH.001.00.dwg					
N.B. - A TERMINE DI LEGGE CI RISERVAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO COMUNE NOTO A TERZI SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE. N.B. - IT MUST NOT BE USED REPRODUCED TRANSMITTED OR DISCLOSED WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF SELI OVERSEAS							

DRAFT

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 1 a 35

**Progetto: Realizzazione linea ferroviaria Na-Ba.
Tratte Bovino-Orsara e Orsara-Hirpinia.**

Committente: RFI-Italy

Galleria Hirpinia - Scavo meccanizzato
Approfondimenti sugli aspetti tecnologici delle TBM

Sommario

1.	INTRODUZIONE	4
2.	PROGETTO E SPECIFICHE TBMs	4
3.	MISURE SPECIALI	6
3.1	Spinta	7
3.2	Testa fresante e parure di taglio	7
3.3	Anticlogging	7
3.4	Articolazione attiva	9
3.5	Sollevamento testa e main-drive	9
3.6	Conicità Scudi e dimensionamento strutturale	9
3.7	Overcutting	10
3.8	Copycutter	10
3.9	Atex	10
3.10	Sensori di convergenza e pressione	11
3.11	Manutenzione e usure	11
3.12	Continuous Mining	11
3.13	Backfill grouting	12
3.14	Estensione Linee	13
3.15	Dewatering	13
3.16	Sondaggi, Pretrattamenti e Drenaggi	13
3.17	EKO Cruise	13
4.14	Piattaforma IT Weview	14
4.	MODALITA' E PROCEDURE OPERATIVE	14
4.1	Pressione in Camera	14
4.2	Spinta Avanzamento	14
4.3	Gestione Articolazione Attiva	14
4.4	Gestione Overcutting, Copy Cutter	15
4.5	Gestione camera scudo scavo e riempimento a tergo conci	15
4.6	Estensione servizi	16
4.7	Manutenzione testa	17
4.8	Gestione Fermi Macchina	18

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 3 a 35

5. **AVANZAMENTI PREVISTI..... 20**

6. **DETTAGLI TECNICI – APPRESTAMENTI SPECIALI..... 31**

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries	DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 4 a 35	

1. INTRODUZIONE

In sede di Progettazione Esecutiva è stata eseguita una campagna di indagine integrativa che ha consentito di approfondire con maggior dettaglio il quadro geologico di riferimento e le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni lungo l'allineamento della galleria Hirpinia. In conseguenza dell'esito di questa campagna integrativa, sono state messe a punto le caratteristiche e specifiche delle 4 TBM che scaveranno la galleria Hirpinia e le relative procedure operative.

La Committente Italferr ha nel frattempo inviato un documento denominato "Rapporto di verifica di conformità della progettazione galleria Hirpinia (rif. IF3A02E07ISGN01000001B) con alcuni Commenti e Richieste di Chiarimenti, sia generali che di dettaglio, a cui si vuole rispondere attraverso la presente relazione. La presente relazione intende infatti fornire, con riferimento allo scavo meccanizzato, un quadro aggiornato delle caratteristiche e specifiche delle TBM, delle procedure operative per affrontare le diverse tratte della galleria, incluse quelle più critiche, e della gestione del rischio residuo.

2. PROGETTO E SPECIFICHE TBMs

Le EPB TBM e gli impianti ausiliari per lo scavo della galleria Hirpinia hanno caratteristiche, specifiche e funzionalità che marcano un salto tecnologico e generazionale rispetto alle EPB TBM fino ad ora realizzate. Questo per due motivi fondamentali, che è necessario evidenziare per capire fino in fondo il contesto tecnologico:

a) **Utilizzo di TBM EPB per la realizzazione di lunghe gallerie ferroviarie di valico in ammassi rocciosi di caratteristiche variabili e sotto forti coperture**

Le TBM EPB sono state inventate e sviluppate progettualmente per impieghi in contesti urbani sotto basse coperture, prevalentemente in terreni sciolti e con lunghezze di galleria ridotte ed intervallate da stazioni e pozzi intermedi. Le prime, poche, applicazioni di TBM EPB per lo scavo di lunghe gallerie di valico in formazioni rocciose sono avvenute utilizzando le stesse macchine sviluppate per gli impieghi urbani, al più con qualche modifica alla testa fresante, per altro spesso non nella giusta direzione. Queste prime esperienze hanno conseguentemente mostrato tutti i limiti di macchine e tecnologie nate per un impiego diverso. Questo con particolare riguardo a:

- *Ciclo di avanzamento e produttività,*
- *Compatibilità con rocce convergenti e spingenti,*
- *Gestione acque di falda con elevata portata e pressione*
- *Capacità di lavorare in pressione, combinando robustezza meccanica a un sufficiente grado di apertura della testa.*

b) **Caratteristiche specifiche delle formazioni attraversate dalla galleria Hirpinia e loro previsto comportamento**

Le caratteristiche delle formazioni attraversate dalla galleria Hirpinia, per altro assai variabili lungo il tracciato, individuano comunque alcune caratteristiche tipiche attese, alcune favorevoli ed altre che

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 5 a 35

invece richiedono accorgimenti progettuali e procedurali speciali. Tra le caratteristiche favorevoli allo scavo meccanizzato menzioniamo:

- *Ottima fresabilità in conseguenza delle modeste caratteristiche di resistenza e della natura sedimentaria,*
- *Bassa e bassissima abrasività, che favorirà interventi di manutenzione molto distanziati, ovvero brevi e frequenti, in funzione delle strategie esecutive più indicate dal contesto geologico nelle diverse tratte di galleria,*
- *Natura prevalentemente argillosa delle formazioni, che favorirà il funzionamento EPB, reso invece difficoltoso da rocce cristalline,*
- *Limitate venute di acqua, per la natura argillosa e prevalentemente impermeabile delle formazioni.*

Per contro, la tratta centrale della galleria interessa la formazione delle Argille Scagliose - Flysh Rosso del Frigento (FYR), caratterizzata da proprietà geomeccaniche molto scadenti che daranno luogo ad elevate convergenze e, localmente, a spinte sugli scudi della macchina. Le coperture sono variabili da 70 m fino ad un massimo di 190 m.

Inoltre, la presenza di gas diffusa obbliga a predisporre le TBM e gli impianti ausiliari in accordo alla linea guida NIR 44, la quale impone procedure che in qualche modo rendono più complessa la gestione della macchina.

Per quanto sopra, si è reso necessario rivedere profondamente il disegno delle TBM abitualmente impiegate, le loro caratteristiche e specifiche, rendendole adatte in generale all'impiego in una lunga galleria di valico e, nello specifico, alle caratteristiche e comportamento previsti per le formazioni da attraversare. La tabella che segue evidenzia alcune delle caratteristiche e specifiche che rendono le TBM previste per l'impiego nella galleria Hirpinia sostanzialmente diverse da quelle "standard", fino ad oggi utilizzate nelle gallerie metropolitane e nelle poche applicazioni simili.

Nella tabella sottostante, sono state inserite a riferimento anche le caratteristiche di una TBM standard, ad evidenza del differente approccio di progettazione utilizzato per le macchine previste per questo progetto. Si notino elevati valori di spinta, elevati valori di conicità e la possibilità di operare con significativi sovrascavi.

	PARAMETRI CRITICI	TBM STANDARD	TBM HIRPINIA LATO NAPOLI	TBM HIRPINIA LATO BARI
GESTIONE TBM IN CONDIZIONI OPERATIVE PREVISTE	CONICITA' SCUDI (In mm radiali)	15 mm	50 mm (+ 333%)	100 mm (+666%)
	GAP SCAVO SCUDO CODA IN CONDIZIONI NOMINALI (In mm radiali)	40 mm	70 mm (+75%)	120 mm (+300%)
	MAX. GAP SCAVO SCUDO CODA IN CONDIZIONI SISTEMATICHE (In mm radiali)	65 mm	200 mm (+207%)	250 mm (+285%)
	ARTICOLAZIONE ATTIVA	NO	SI 80.000 KN	SI 80.000 KN
	CONTINUOUS MINING	NO	SI	SI
	MASSIMA SPINTA CON CONTINUOUS MINING	NO	110.000 kN	110.000 kN
	MASSIMA SPINTA NOMINALE	128.692 KN	170.916 KN (+33%)	170.916 KN (+33%)
	SPESSORE CONCI	400 mm	500 mm (+25%)	500 mm (+25%)
	ANTICLOGGING CON ACQUA IN ALTA PRESSIONE	NO	SI (300 Bar)	SI (300 Bar)
	MANUTENZIONE TESTA IN IPERBARICA	NO	Fino a 5 Bar	Fino a 5 bar
	SENSORI DI CONVERGENZA E PRESSIONE	5 bar	15 bar (+300%)	15 bar (+300%)
	IMPIANTO DI BACK-FILL MAGGIORATO	n°6*125 l/min	n°10*125 l/min (+66,7%)	n°10*125 l/min (+66,7%)
	CAMERE DI TENUTA SCUDO DI CODA	2	3 (+50%)	3 (+50%)
	IMPIANTO DI INIEZIONE CAMERA SCUDO-SCAVO	NO	n° 3 16 iniettori/cad	n° 3 16 iniettori/cad
	RIDUZIONE SOSTE PROGRAMMATE	TESTA FRESANTE A TRE PROFILI DI TAGLIO	NO	SI
ESTENSIONE NASTRO		ogni 250 m	ogni 750 m (+200%)	ogni 750 m (+200%)
MANUTENZIONE TBM DURANTE OPERAZIONE TBM		NO	SI	SI
GESTIONE RISCHIO RESIDUO	GAP SULLO SCUDO DI CODA IN CONDIZIONI ECCEZIONALI (Con copycutter)	130 mm	260 mm (+100%)	310 mm (+ 182%)
	SPINTA ECCEZIONALE	128.692 KN	213.446 KN (+66%)	170.916 KN (+66%)
	MASSIME PRESSIONI SU SCUDO CODA (BAR)	5 bar	15 bar (+300%)	15 bar (+300%)
	IMPIANTO PER CLAY SHOCK	NO	SI	SI
	IDRODEMOLIZIONE INSTALLATA	NO	SI	SI

3. MISURE SPECIALI

Di seguito, descriviamo con maggiore dettaglio le specifiche e caratteristiche speciali delle TBM che verranno impiegate per lo scavo della galleria Hirpinia.

Si premette sin da subito che l'unica differenza tra le TBM che scaveranno dal portale di Bari, attraversando la tratta critica centrale, e quelle che scaveranno dal portale lato Napoli, che scaveranno in formazioni generalmente favorevoli, è la minore conicità di queste ultime (50 mm contro 100 mm).

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 7 a 35

3.1 Spinta

Le massime spinte operative previste in PE per avanzare nei terreni con le peggiori caratteristiche geomeccaniche sono dell'ordine degli 100.000-110.000 KN.

Ciononostante, per tenere conto di possibili maggiori resistenze allo sblocco (primo distacco) degli scudi, a seguito di lunghe soste non programmate in terreni particolarmente spingenti, la spinta massima nominale delle TBM è stata dimensionata per 170.000 KN, quindi molto maggiore rispetto a quella massima necessaria da progetto. Per la gestione di un eventuale rischio residuo, la macchina infine è stata dotata della possibilità di applicare una spinta eccezionale pari a 213.000 KN.

3.2 Testa fresante e parure di taglio

La bassa abrasività delle formazioni interessate dalla galleria, bassissima in particolare e per fortuna nella formazione critica delle Argille Scagliose, favorirà intervalli di manutenzione anche molto estesi ed in generale renderà meno critica la manutenzione della testa fresante.

Tuttavia, onde massimizzare la distanza degli interventi di manutenzione ed, in generale, per non trovarsi mai in condizione di "dover" fermare la macchina, consentendo quindi di scegliere sempre le zone relativamente migliori per una sosta, la testa fresante è stata configurata con ben 3 livelli di taglio.

Questo significa che, nella zona periferica della testa di taglio, per ogni posizione sono stati previsti tre rippers, ciascuno ad un diverso livello (distanza dalla lamiera della testa), così da costituire tre successivi fronti di usura prima di dover intervenire con una manutenzione.

Inoltre, saranno adottati degli specifici sensori di usura.

3.3 Anticlogging

Le teste delle TBM sono state progettate per combinare la necessità di parure di taglio particolarmente performanti e ridondanti, con un coefficiente di apertura elevato (dell'ordine di circa il 38%), per permettere un funzionamento EPB ortodosso e limitare i fenomeni di clogging caratteristici di questa tipologia di formazioni, specialmente nella zona centrale della testa.

Un confronto visivo tra la testa della TBM standard e la testa delle TBM previste per la galleria Hirpinia evidenzia chiaramente la maggiore apertura di queste ultime, in particolare nella zona centrale.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 9 a 35

Infine, lo studio del condizionamento effettuato dagli specialisti di GEEG ha individuato gli agenti condizionanti, ed i relativi dosaggi efficaci, per ridurre la tendenza del materiale ad aggregarsi ed ostruire le aperture della testa e la camera di scavo.

3.4 Articolazione attiva

L'articolazione attiva è stata introdotta/prevista in queste TBM per una migliore gestione operativa e guida della macchina, ed in particolare:

- *Per compensare la tendenza della macchina a deviare dall'asse, senza dover differenziare troppo le spinte sui cilindri principali, conferendo alla macchina stessa una tendenza "neutra" anche in presenza di fronti misti, sottoscavi o sovrascavi, in terreni convergenti.*
- *Per isolare la spinta sullo scudo anteriore, salvaguardando l'integrità di testa fresante e cuscinetto durante i tentativi di sblocco dello scudo di coda, tendenzialmente più soggetto alle convergenze e ai carichi del terreno,*
- *Per frazionare in due componenti la spinta di sblocco della macchina in circostanze eccezionali, sfruttando l'intera spinta principale per il solo scudo di coda ed intermedio.*

3.5 Sollevamento testa e main-drive

Avendo aumentato molto l'overcutting, per poter mantenere la TBM in assetto verticale senza dover differenziare troppo le spinte sui cilindri, è stata introdotta la possibilità di sollevare main-drive e testa fresante rispetto allo scudo.

Sono previsti in particolare due steps, uno di 65 mm ed un secondo da 130 mm. Tendenzialmente, in questa galleria si prevede di utilizzare il primo step anche con il massimo overcutting, sfruttando l'articolazione attiva e la pressione EPB al fronte per mantenere la macchina in asse: questo consentirà di avere una distribuzione più uniforme del sovrascavo attorno agli scudi.

3.6 Conicità Scudi e dimensionamento strutturale

La conicità degli scudi delle TBM che avanzano dal lato Bari è stata dimensionata in 100 mm radiali, equamente ripartiti nei due salti, dallo scudo anteriore all'intermedio e dall'intermedio al posteriore.

Questa rilevante conicità è una delle misure determinanti per limitare il contatto e la pressione del terreno sullo scudo di coda. Il progetto ha previsto pressioni massime sullo scudo pari a 15 bar per il settore intermedio e 10 bar per la coda. Lo scudo di coda è stato comunque dimensionato per resistere a pressioni del terreno di 15 bar, quindi 1,5 volte la massima pressione di calcolo da Progetto Esecutivo.

La combinazione della conicità degli scudi con il sovradimensionamento degli scudi stessi consente di escludere la loro ovalizzazione e quindi quella del rivestimento montato al loro interno.

3.7 Overcutting

Le TBM previste per il progetto sono dotate di capacità di overcutting estreme e molto flessibili, potendo il sovrascavo essere impostato da 0 a 130 mm, in funzione delle convergenze previste in Progetto Esecutivo nelle diverse tratte della galleria, e abbinato o meno al sollevamento del main-drive e della testa rispetto agli scudi.

3.8 Copycutter

Ciascuna TBM è dotata di due copycutters, ciascuno in grado di sovrascavare radialmente fino a 60 mm rispetto al massimo overcutting.

Il movimento dei due copycutter è gestito dal PLC della macchina e può essere concentrato in alcune porzioni del diametro esterno (superiore, destra, sinistra).

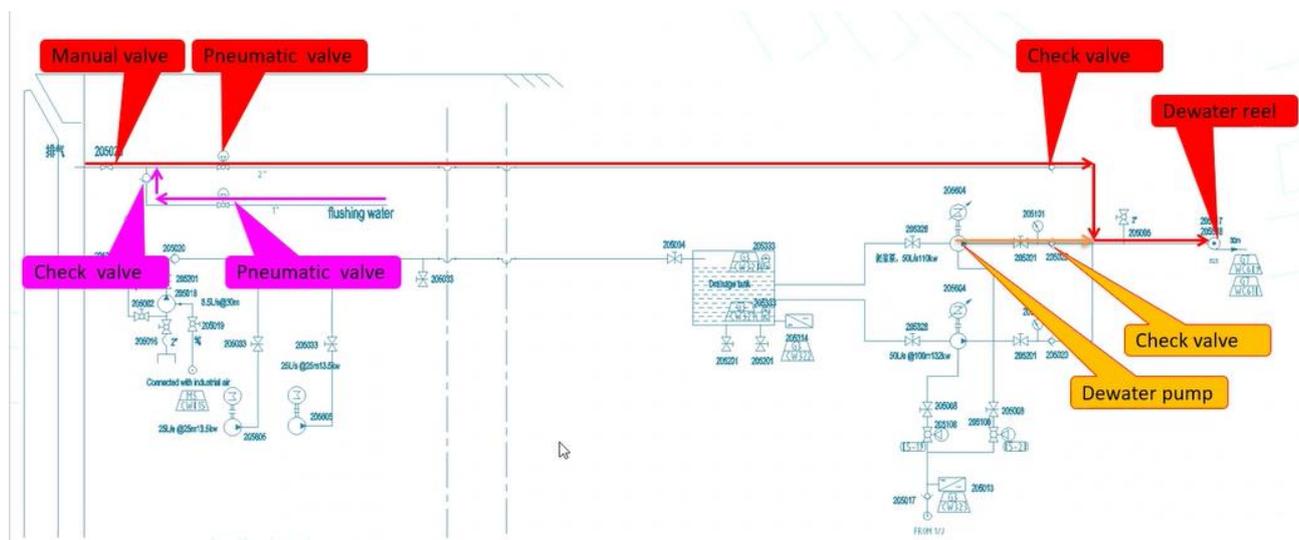
Un cilindro copiatore in cabina operatore segnala il corretto funzionamento del sistema. Il dispositivo di copy cutters verrà utilizzato anche per il diametro di scavo maggiorato a 10,18m.

3.9 Atex

Avendo le indagini integrative evidenziato una presenza di gas più frequente e diffusa rispetto a quanto previsto nel PD, il progetto delle TBMs e dei loro impianti è stato condotto, con la consulenza dello specialista Collins, in accordo alle linee guida NIR 44, massimizzando gli aspetti legati alla sicurezza e alla operatività anche in presenza di gas. Questo con riguardo alla separazione dei volumi, alle attrezzature in esecuzione Atex, alla ventilazione ed alla gestione dei flussi di aria potenzialmente contaminata.

Si segnala, in particolare, la presenza di una linea aggiuntiva di spurgo aria dalla camera di scavo, collegata al sistema di dewatering, in grado quindi di trasportare eventuale gas in pressione dall'interno della camera di scavo fino al portale, senza interessare i volumi critici della TBM e del tunnel.

Si riporta nel seguito il relativo schema di riferimento:



	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
	Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.

3.10 Sensori di convergenza e pressione

Le TBM sono dotate, prime nel mondo, di tre sensori di convergenza e tre sensori di pressione per ciascuno scudo.

La presenza di questi sensori, oltre a fornire il dato singolo relativo allo scudo sui cui sono posizionati, consente di rilevare la tendenza, e quindi l'aumento di convergenza e pressione sugli scudi, non solo in funzione del tempo ma anche della distanza dal fronte. I dati forniti da questi sensori, elaborati e resi disponibili in tempo reale dalla piattaforma WeView, costituiscono una informazione fondamentale per la pianificazione e gestione delle fermate della TBM.

3.11 Manutenzione e usure

Le TBM previste per il progetto sono state progettate per ridurre al minimo possibile le operazioni di manutenzione. Nello specifico, ad esempio, i circuiti idraulici della TBM consentono la manutenzione e la sostituzione di filtri e pompe principali senza dover necessariamente fermare l'avanzamento della macchina. Lo stesso approccio è stato seguito per l'impianto di dewatering, che è stato sdoppiato in due impianti completamente indipendenti.

Di seguito, si riporta per riferimento quanto previsto per le TBM#3

Provisions for 700m advancing distance without shutdown		
Before 700m advancing, make maintenance for all parts as per TBM manuals to ensure all system working normally		
1	Cutter-head	Use brand-new cutter tools for 700m advancing
2	Hydraulic system	4 group thrust pumps work independent. if one is broken, others still fulfill with lower speed advancing
3	Foam Injection System	12 foam injection line+3 bentonite line. Nozzles have steel protection plate in cutterhead. If some are broken, TBM can also running with lower conditioning.
4	Grouting system	Each line within tail skin has standby line, can be changed easily when blocked when use the other grouting lines.
5	Industrial Compressed Air	2 pcs air compressors, if one of them is broken, another comply with lower speed advancing
6	Tail brush	3 rows of wire brush (special brushes with intermediate plates)+ 1 row is steel plate. increasing the pressure maintain ability
7	Grease pump	3 pcs pumps are connected together. if 1 pump is broken, the 2 others can also serve 3 chambers.



3.12 Continuous Mining

Il sistema di Continuous Mining ha la doppia funzione di aumentare la produttività della macchina e, nel contempo, di ridurre il fermo TBM tra una corsa e la successiva, rendendo l'avanzamento degli scudi più continuo, essendo ridotte le spinte e gli attriti per il loro avanzamento.

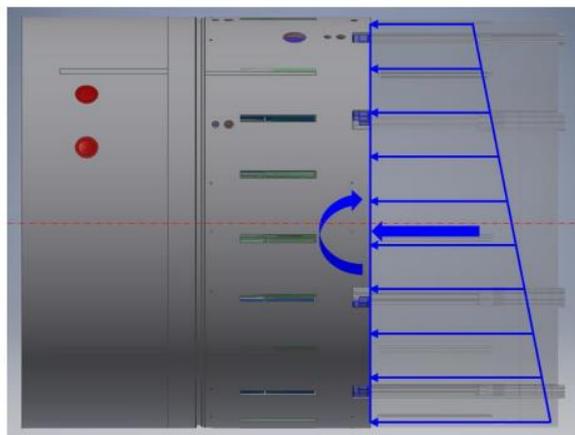
Nel caso della galleria di Hirpinia, lavorando le TBM sempre a camera piena, le velocità di avanzamento sono relativamente ridotte: in queste condizioni, il sistema di Continuous Mining consente il massimo vantaggio, potendo montare anche l'intero anello in ombra con l'avanzamento.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 12 a 35

Questo è ancor più valido nelle tratte dove la TBM lavorerà alle maggiori pressioni di confinamento e con penetrazioni ridotte.

Il sistema prevede una pressione massima nei cilindri di spinta, settata a 400 bar. A questo livello di pressione, la spinta complessiva con tutti i cilindri alla massima pressione è di circa 170.000 KN.

Durante il funzionamento in Continuous Mining, il montaggio dei segmenti avviene in ombra allo scavo; nel momento in cui avviene l'inserimento del singolo segmento, per un breve tempo solo 36 dei 42 cilindri sono contemporaneamente in contatto con i conci, per procedere con l'avanzamento della macchina. Il sistema reagisce, tramite PLC, andando a ridistribuire la pressione complessiva sui cilindri rimanenti, per garantire comunque la medesima spinta. Di sotto viene evidenziata la ridistribuzione delle pressioni, a seguito dell'intervento del PLC.



Poiché, nel continuous mining, i cilindri di spinta adiacenti al concio in installazione devono far fronte ad una sovrappressione per compensare la ridistribuzione della pressione stessa ed esiste un limite alla pressione massima operativa di ciascuna coppia di cilindri sul concio (350 bar), esiste un campo di applicabilità del continuous mining, che consente di limitarne l'impiego nei riguardi di limiti prefissati.

Si potrà in ogni caso impiegare la spinta massima nominale di 170.000 KN che quella eccezionale di 213.000 KN per lo sblocco degli scudi per situazioni eccezionali non previste in progetto.

3.13 Backfill grouting

L'impianto di back-fill grout è stato sovradimensionato, sia come portate che come linee di iniezione (10 contro le 6 usuali, per macchine di questo diametro).

Questo consentirà di assicurare il riempimento della camera tra conci e scavo anche nella situazione estrema, non prevista da progetto, di massimo overcutting in assenza di convergenza.

È prevista un'iniezione articolata in più fasi:

- *Iniezione primaria, attraverso lo scudo utilizzando le 10 linee previste,*
- *Iniezione secondaria, attraverso i conci nella zona di calotta, ad ore 11 e 1 circa, subito dietro lo scudo, onde riempire eventuali vuoti ed assicurare il contrasto uniforme al rivestimento prefabbricato posto in opera; tale iniezione secondaria viene effettuata a seconda della necessità, a seguito dell'indagine*

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 13 a 35

sulla presenza di vuoto anulare effettuata a mezzo del sistema georadar, installato sul backup. Nel caso occorrerà operare con preventer al fine di evitare ingresso di gas.

3.14 Estensione Linee

Il nastro tunnel sarà esteso ogni 750 metri circa di galleria e la stazione di estensione sarà predisposta per l'esecuzione delle due giunte in contemporanea, con un tempo di fermo complessivo di 8 ore.

Il cavo di media tensione definitivo verrà steso contemporaneamente allo scavo, da una bobina sospesa sul back-up. Questo limiterà il fermo per la estensione del cavo di MT al solo tempo di giunzione del cavo, stimato in 4 ore. L'estensione degli altri servizi avverrà in contemporanea allo scavo, ovvero con tempi di fermata ridotti al di sotto dell'ora. Anche per tali servizi sono presenti degli avvolgitubo doppiati, atti alla velocizzazione delle operazioni.

3.15 Dewatering

L'impianto di dewatering è sdoppiato in due impianti indipendenti, ciascuno avente una capacità di pompaggio pari alla massima portata prevista.

A questo riguardo, l'impiego di conchi con guarnizioni a tenuta riduce le portate di acqua all'interno della galleria a quelle drenate, che sono tra l'altro convogliate in una tubazione apposita senza quindi interessare il sistema di dewatering.

Le portate massime che questo dovrà quindi gestire saranno limitate alle acque di lavaggio ed a quelle provenienti dal fronte.

In caso di falde con elevata portata e pressione, che rendessero difficile il controllo e la gestione dei flussi al fronte attraverso la coclea, è stata prevista l'installazione di una pompa in grado di drenare l'acqua dalla calotta della camera di scavo e convogliarla nel circuito di dewatering.

3.16 Sondaggi, Pretrattamenti e Drenaggi

Le TBMs sono dotate di due perforatrici in grado di lavorare in contemporanea ed eseguire sondaggi, drenaggi e preconsolidamenti sia attraverso lo scudo (n° 19 posizioni, di cui 3 con diametro maggiorato per l'effettuazione di carotaggi) che attraverso la testa (n° 16 posizioni).

Si attende che la tipologia EPB delle TBM impiegate e la natura prevalentemente argillosa dei terreni dovrebbero limitare la necessità di questi interventi a situazioni locali.

3.17 EKO Cruise

Le TBM sono dotate, come parte del pacchetto Green TBM, anche di un sistema che ottimizza i parametri di scavo per ottenere la velocità di avanzamento impostate.

Questo sistema consentirà di massimizzare gli avanzamenti della TBM e minimizzare i consumi elettrici.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 14 a 35

4.14 Piattaforma IT Weview

La piattaforma WeView sarà uno strumento fondamentale per controllare in tempo reale i parametri operativi della TBM, le convergenze e le pressioni sugli scudi.

4. MODALITA' E PROCEDURE OPERATIVE

4.1 Pressione in Camera

Le pressioni in camera in fase di avanzamento della TBM saranno di regola quelle determinate in progetto. I riscontri strumentali dei sensori di convergenza e pressione installati sugli scudi e dei parametri operativi della TBM, in particolare la spinta sull'articolazione e la spinta totale, saranno visualizzabili in tempo reale in cabina operatore e da remoto tramite la piattaforma WeView. In base a questi riscontri strumentali, si potranno rivedere e ottimizzare le pressioni di lavoro delle TBM come quelle di ingresso in camera per manutenzione testa.

4.2 Spinta Avanzamento

Le spinte massime spinte di progetto, nelle peggiori combinazioni di geologia e copertura, sono dell'ordine 100.000-110.000 KN. Le maggiori spinte di cui la TBM è capace, spinta massima nominale e spinta eccezionale, sono previste solo come back-up per lo sblocco degli scudi e l'avvio della corsa di scavo, fase in cui comunque il sistema di Continuous mining non è attivo.

4.3 Gestione Articolazione Attiva

L'articolazione attiva è capace di una spinta di circa 80.000 KN ed ha una corsa di 300 mm. Le funzioni che svolge l'articolazione attiva sono molteplici, ed in particolare:

- **Guida TBM:** attivando l'articolazione attiva, si conferisce allo scudo anteriore un angolo rispetto all'asse della galleria (*attitude*) che consente di compensare le tendenze della TBM e ridurre le azioni di guida sulla spinta principale, mantenendo una pressione più uniforme sui diversi settori di spinta. Questo è particolarmente importante quando si azionano importanti overcutting per compensare la tendenza della macchina a perdere di quota.
- **Sblocco Scudi:** La presenza della articolazione consente di utilizzare l'intera spinta principale per l'eventuale sblocco dello scudo intermedio e di coda, riducendo di fatto la lunghezza degli scudi da sbloccare a circa 8 metri.
- **Protezione cuscinetto e testa fresante:** La articolazione consente di monitorare in tempo reale e limitare, anche attraverso il PLC, la spinta esercitata sullo scudo anteriore, sulla testa e sul cuscinetto. Questo consente di evitare che per errori di guida o manovra si sovraccarichino gli organi critici della macchina
- **Cambio cutters:** La articolazione attiva consente di retrainare la testa dal fronte per effettuare il cambio cutters senza dover ricavare con il demolitore lo spazio nel fronte per alloggiare il nuovo utensile.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 15 a 35

4.4 Gestione Overcutting, Copy Cutter

L'Overcutting con cui la TBM scaverà sarà di norma quello previsto in progetto.

Come per le pressioni di lavoro in camera, i riscontri strumentali dei sensori di convergenza e pressione installati sugli scudi e i parametri operativi della TBM, in particolare la spinta sull'articolazione e la spinta totale, saranno visualizzati in tempo reale in cabina operatore e da remoto tramite la piattaforma Weview.

In base a questi riscontri, si potranno rivedere e ottimizzare i sovrascavi di lavoro delle TBM nelle diverse tratte.

Tutte le TBM previste per il progetto sono in grado di modificare l'entità di overcutting per steps:

TBM#3 lato Bari:

- **1° STEP da 9,92 m a 10,05 m**, quando configurata prevalentemente con cutters per lo scavo della prima tratta,
- **2° STEP da 10,05 m a 10,18 m**, quando riconfigurata per lo scavo della tratta centrale.

L'azione del copycutter si somma a quella dell'overcutting, portando il diametro di scavo:

- **da 10,05 m a 10,17 m**, nella configurazione iniziale con cutters,
- **da 10,18 m a 10,30 m** nella riconfigurazione per la tratta centrale.

Anche le TBM previste per lo scavo della galleria dal lato Napoli sono in grado di sviluppare elevati sovrascavi, in caso di necessità, infatti:

TBM#5 lato Napoli:

- **1° STEP da 9,82 m a 9,96 m**, quando configurata prevalentemente con cutters,
- **2° STEP da 9,96 m a 10,09 m**, qualora necessario (attualmente non previsto nella tratta di competenza).

Anche in questo caso, l'azione dei copycutters si somma all'overcutting, maggiorando ulteriormente i diametri di scavo.

4.5 Gestione camera scudo scavo e riempimento a tergo conci

Attraverso il feedback dei riscontri strumentali dei sensori di convergenza e pressione installati sugli scudi e i parametri operativi della TBM, l'overcutting sarà ottimizzato per evitare/limitare situazioni estreme, sia di blocco scudi che di eccessivo spessore della camera tra conci e scavo.

In fase di progetto e procedure di dettaglio si stabiliranno le soglie per interventi di ottimizzazione:

- *Quando l'entità del gioco tra scavo e scudo di coda si riducesse al di sotto dei 5 cm radiali, ovvero*
- *Quando l'entità del gioco tra scavo e scudo di coda si mantenesse superiore ai 12 cm radiali.*

In altri termini, l'ottimizzazione avrà il target di mantenere il gioco radiale tra scavo e scudo compreso tra i 5 ed i 12 cm.

Questa ottimizzazione sarà mediata dalla necessità di tenere sempre un margine di sicurezza per tenere conto di possibili situazioni che impediscano l'immediato accesso in camera.

La possibilità di immediata attivazione dei due copycutters consentirà di gestire eventuali fasi transitorie in attesa dell'intervento in camera.

Il massimo overcutting, con diametro di scavo di 10,18 m, verrà quindi mantenuto nella tratta centrale laddove si confermassero le previsioni di convergenza di progetto, invero basate su ipotesi di parametri e comportamento del terreno cautelative.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries	DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 16 a 35	

Nel caso invece, come possibile, per tratte anche abbastanza estese non si verificassero le massime convergenze attese, sarà possibile ottimizzare l'overcutting, riducendolo.

Questa gestione flessibile, ancorché non estremizzata per mantenere sempre dei margini di sicurezza in relazione a rapidi peggioramenti dei parametri geomeccanici dei terreni, sarà possibile anche grazie alle riserve di cui la TBM è dotata, sia in termini di spinta che di possibilità di azionamento dell'overcutting.

Quanto sopra per rappresentare che non si prevedono situazioni limite di massimo overcutting combinate con zero convergenza e che al contrario la ottimizzazione dell'overcutting consentirà di mantenere lo spessore della camera concia scavo entro valori medi compresi tra i 5 ed i 12 cm radiali.

Ovviamente a maggior ragione non è ipotizzabile l'attivazione del copycutter in situazioni dove la convergenza sia uguale a zero o comunque tale da non mettere in condizioni di rischio di blocco degli scudi della TBM.

Ciononostante, è stato previsto che l'impianto di iniezione a tergo dei concia abbia la capacità di riempire la camera concia scavo anche nel caso limite di massimo overcutting, convergenza zero e massime penetrazioni della TBM.

Al fine di assicurare il pieno riempimento della camera di iniezione inoltre è stato previsto di eseguire con sistematicità l'iniezione di back-fill:

- Attraverso gli scudi utilizzando le apposite linee
- Attraverso i concia, nella zona di calotta, utilizzando due linee aggiuntive.

Il sistema di georadar installato sul back-up della TBM consentirà inoltre di verificare il pieno riempimento della camera a seguito dell'iniezione primaria e nel caso, di identificare zone di vuoto, che saranno poi trattate e risolte attraverso l'iniezione secondaria.

Per evitare il refluentamento della miscela di iniezione verso gli scudi e la testa della TBM:

- La pressione di iniezione sarà mantenuta di 0,5 bar superiore a quella in camera
- Un doppio sistema di guarnizioni metalliche multilama sarà installato sull'estradosso dello scudo di coda e di quello intermedio in prossimità del giunto di articolazione,
- La camera scudi-scavo verrà iniettata con fango bentonitico mantenuto alla stessa pressione di operazione EPB

4.6 Estensione servizi

Il nastro tunnel sarà esteso ogni 750 m di scavo grazie ad una stazione esterna di estensione "triple deck" che consente l'immagazzinamento di bobine di nastro da 1500 m.

Un avvolgicavo posto sul back-up della TBM, con capacità di 250 m, estenderà un cavo di MT provvisorio mano a mano che la macchina avanza.

Nel contempo, da una bobina sempre posta sul back-up della TBM e con capacità di 250 m, verrà esteso il cavo di MT definitivo.

Questo consentirà, terminati i 250 m, di effettuare in tempo ridotto la connessione del cavo definitivo già esteso mentre si riavvolge il cavo provvisorio, limitando lo stand by della TBM a circa 4 ore.

La estensione delle tubazioni avverrà in parallelo all'avanzamento grazie a specifiche piattaforme disposte in coda al back-up.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 17 a 35

4.7 Manutenzione testa

La manutenzione testa fresante verrà effettuata con differenti modalità operative a seconda delle zone da attraversare.

Prendendo, ad esempio in considerazione le TBM che scaveranno la galleria dal lato Bari possiamo distinguere:

1) **Manutenzione Testa effettuata nella zona precedente la riconfigurazione della TBM**

In questa parte della galleria gli interventi di manutenzione della testa di scavo saranno effettuati per lo più in pressione atmosferica, indicativamente considerando degli interventi giornalieri ricadenti nell'intervallo temporale delle 4 ore previste per la manutenzione ordinaria.

In tale tratto di galleria sono tuttavia previste anche delle zone in cui sono previste degli interventi manutentivi in pressione, i quali saranno svolti indicativamente ogni 200 m di avanzamento e per i quali si prevede una durata di circa 12 ore.

2) **Manutenzione Testa effettuata nella zona centrale della tratta**

In questo caso particolare, poiché ci troviamo nelle formazioni del Flysh rosso del Frigento (FYR), dove si prevedono forti convergenze e range di pressioni medio-alte, con l'esigenza di limitare sia la durata che il numero di soste della TBM, l'approccio alla manutenzione della testa fresante dovrà essere completamente differente.

Nello specifico in tali zone si prevede di effettuare delle brevi soste manutentive in pressione, indicativamente ogni 100 m, sostituendo di volta in volta un numero limitato di utensili, ma che comunque consentano di avere più cambi completi di parure lungo tutta la tratta interessata, garantendo sempre il massimo dell'efficienza di scavo.

Per i dettagli di calcolo fare riferimento al capitolo 5 della presente relazione.

Il passaggio tra le due tratte da attraversare necessita di una riconfigurazione delle TBM, per poter variare il diametro nominale di scavo da 9,92 m a 10,18 m. Avendo già predisposto le teste di scavo con i necessari supporti per tutti gli utensili aggiuntivi e le modifiche al diametro nominale, tali attività richiederanno un tempo complessivo di circa 3 settimane.

In termini generali si evidenzia che la macchina è dotata di sensori per il monitoraggio continuo degli utensili di scavo che consentono di programmare gli interventi manutentivi della testa fresante.

Lo scavo dell'ultimo avanzamento alla progressiva determinata per l'esecuzione dell'intervento manutentivo sarà eseguito per circa la metà della corsa di avanzamento avendo cura di iniettare una miscela bentonitica al fine di sigillare i vuoti intergranulari e creare sul fronte e sulle pareti del cavo uno strato sottile ed impermeabile che consenta il mantenimento della pressione nella camera e sul fronte in accordo con le previsioni del PAT; questo strato consente inoltre, in presenza di falda, di evitare l'ingresso di venute d'acqua nella camera di scavo.

Le operazioni di sostituzione degli utensili di scavo saranno eseguite secondo le modalità operative che saranno contenute nel Manuale di manutenzione ed Uso delle macchine.

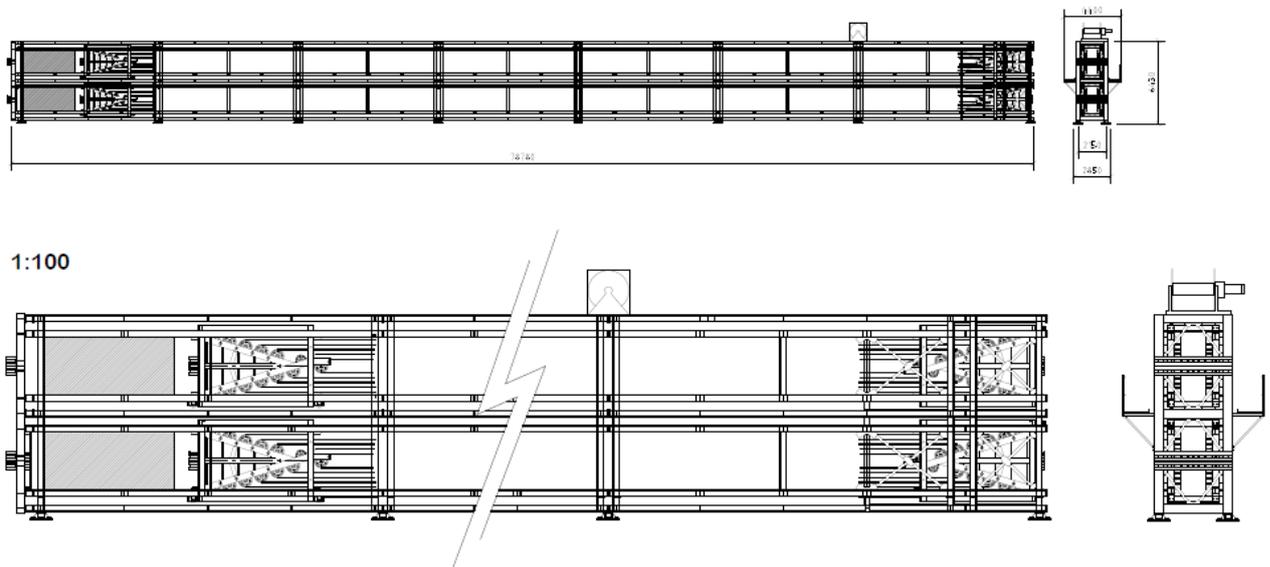
Sulla base delle pressioni che saranno indicate nel PAT le operazioni di ispezione preliminare saranno condotte se e solo se il fronte è in grado di mantenere in pressione l'aria compressa immessa nella camera di scavo.

Il fronte sarà infatti monitorato durante l'intervento con la massima attenzione dai responsabili della lavorazione in supporto alle squadre operanti in camera di scavo al fine di mantenere la pressione prevista nel PAT.

4.8 Gestione Fermi Macchina

I fermi macchina programmati sono stati ridotti al minimo sia come frequenza lungo il tunnel che come durata, attraverso una serie di predisposizioni ed installazioni speciali descritte nel precedente capitolo 4 di questa relazione. In particolare, ci riferiamo a:

- Estensione del nastro tunnel ogni 750 m di galleria, grazie ad una stazione di estensione del tipo “double deck”, di cui sotto viene presentata una rappresentazione schematica:



- Doppia stazione di giuntura a caldo nastro per ridurre la sosta per estensione nastro ad un massimo di 12 ore
- Estensione cavo galleria definitivo durante lo scavo
- Estensione altri servizi (acqua, aria, illuminazione, fibra ottica) in contemporanea allo scavo
- Impianti macchina che permettono la manutenzione contemporanea allo scavo
- Testa fresante con triplo profilo di taglio e impiego di taglienti con inserti al carburo di tungsteno

Il sistema di avanzamento continuous mining consente inoltre di diminuire fino ad eliminare i fermi macchina tra un avanzamento ed il successivo.

Queste predisposizioni, comuni a tutte le 4 TBMs, sono importanti per lo scavo di tutta la galleria Hirpinia ma in particolare nei circa 5 km di tratta centrale nelle formazioni che hanno le caratteristiche geomeccaniche più scadenti e comportamento convergente.

Ciò premesso, I fermi macchina in questa tratta critica sono stati programmati in considerazione:

- a) delle caratteristiche geomeccaniche e comportamenti attesi (non uniformi lungo la tratta),

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 19 a 35

- b) delle esigenze di manutenzione della testa fresante,
- c) dei cicli di lavoro in condizioni iperbariche alle diverse pressioni di intervento
- d) dei fermi per la estensione del nastro.

I criteri seguiti si possono riassumere come segue:

- Manutenzione testa estesa e ricarica stazione estensione nastro prima di attraversare le zone previste in condizioni più scadenti ed all'uscita dalle stesse, facendo coincidere queste soste con la estensione del nastro tunnel
- Nelle zone in condizioni più scadenti soste brevi e frequenti per manutenzione testa

Attraverso questi criteri, declinati nel dettaglio nelle previsioni di avanzamento del successivo capitolo 5, sarà possibile ridurre il numero e la durata dei fermi macchina nelle zone di geologia più scadente.

La gestione dei fermi sarà affidata al Capocantiere TBM che coordinerà gli assistenti di turno e farà riferimento all'Ingegnere Responsabile dello Scavo Meccanizzato per la programmazione del fermo e per decisioni di emergenza.

In linea generale la gestione dei fermi avverrà secondo le seguenti procedure:

a) Prima di ogni fermo:

In funzione delle indicazioni dei sensori di convergenza e pressione installati negli scudi, sarà possibile azionare i due copycutters e scavare gli ultimi metri di galleria allargando ulteriormente il diametro di taglio. Sempre durante gli ultimi metri di scavo, l'estradosso degli scudi verrà lubrificato con fango bentonitico.

b) Durante il fermo:

Verrà monitorato con continuità e in tempo reale l'andamento della convergenza e pressione degli scudi e questi dati, sempre in tempo reale, verranno elaborati in forma grafica ed inviati sia nella cabina di operazione e controllo a bordo macchina che agli uffici di cantiere, e saranno visibili su smartphone o tablet attraverso la app. specifica.

Nelle zone più critiche la camera di estradosso tra scudi e scavo verrà riempita con una miscela ad alta viscosità (Clay Shock) allo scopo di formare un cuscino in pressione tra scavo e scudo e ridurre l'attrito alla ripartenza della TBM.

Grazie alla presenza dell'articolazione attiva, compatibilmente con eventuali interventi di manutenzione in iperbarica, ad intervalli regolari si muoveranno gli scudi di pochi centimetri misurando le pressioni e spinte nei due circuiti (principale e articolazione)

c) Ripresa dell'avanzamento:

Terminato l'intervento la TBM potrà riprendere lo scavo senza particolari interventi.

Nel caso in cui, invece, durante l'intervento le misure di convergenza e pressione segnalino il superamento di valori di triggers stabiliti nelle procedure esecutive, il Capocantiere, potrà decidere di riprendere l'avanzamento in anticipo sul completamento dell'intervento di manutenzione testa in corso ed eventualmente ripetere la sosta a breve distanza.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 20 a 35

Ciò premesso, si possono verificare circostanze per le quali la ripresa dell'avanzamento non possa avvenire rapidamente al raggiungimento dei valori di triggers (estensione nastro non completata, tempi di decompressione, riparazione guasti in corso).

In questo caso è possibile che i valori di convergenza e pressione raggiungano i massimi valori previsti in progetto.

Questa circostanza non avrà influenza sugli scudi e sul rivestimento, in quanto entrambi sono progettati per resistere ai massimi valori di carico del terreno.

La ripresa dello scavo, una volta risolta la problematica che lo ha impedito, potrà avvenire normalmente, eventualmente attraverso l'azionamento della spinta massima nominale di cui la TBM è dotata.

In casi eccezionali, non previsti sulla base dell'approfondimento di indagine effettuato, sarà possibile azionare altri due livelli di intervento per sbloccare comunque la macchina.

- **Primo Livello** - Azionare la spinta eccezionale di cui la TBM è dotata, pari a oltre 210.000 KN e circa doppia rispetto alla massima spinta prevista nelle condizioni peggiori di geologia
- **Secondo Livello** – Eseguire l'idrodemolizione del terreno intorno allo scudo, sistema che è permanentemente installato sulla macchina.

Si consideri che la testa fresante con utensili su tre livelli di taglio, così da consentire di allungare ove occorresse gli intervalli di manutenzione ovvero di riprendere lo scavo anche quando non fosse possibile completare la manutenzione della testa

5. AVANZAMENTI PREVISTI

a) TBM lato Bari (TBM#3&TBM#4)

Tali macchine eseguiranno lo scavo di ciascuna canna della galleria Hirpinia partendo dal portale lato Bari, per una lunghezza complessiva di 14.851m. Lo scavo della tratta si può suddividere in due parti distinte, caratterizzate da diverse formazioni geologiche e costituite da due diverse "configurazioni" di TBM:

- 1) **Configurazione A:** nel tratto iniziale, da pk 41.608 a 51.094, per un complessivo di 9.486 m. In tali zone le TBM realizzano lo scavo con un diametro di 9,92 m.
- 2) **Configurazione B:** sicuramente nel tratto centrale, da pk 51.094 a 56.459, per un complessivo di 5.365 m, all'interno della formazione del FYR. In tali zone le TBM realizzano lo scavo con un diametro di 10,18 m. L'adozione del diametro maggiorato viene prevista in Progetto già a partire dalla Progr. 50.208 in binario dispari e 50.231 in binario pari, in considerazione del contesto geomeccanico scadente evidenziato dalle prove di laboratorio nel settore di transizione tra Flysch del Faeto e Flysch Rosso. Le progressive di passaggio saranno comunque regolate in corso d'opera in funzione dei dati di monitoraggio raccolti in corso di avanzamento.

Prima di entrare nella tratta critica (B) le TBM subiscono una riconfigurazione per far fronte alle maggiori convergenze previste nella zona del Flysch del Frigento.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 22 a 35

- **Penetrazione per giro testa:** variabili tra 15 mm/giro, 18 mm/giro e 20 mm/giro in funzione della particolare situazione geologica attraversata
- **Velocità di rotazione testa fresante:** variabili tra 2 giri/min, 1,8 giri/min e 1,5 giri/min
- **Tempo Critico di montaggio anello:** valutato in 8 min
Con tale tempo critico si intende la parte di tempo di erezione anello che non è in ombra allo scavo. Tale ipotesi è di tipo conservativo, in quanto presuppone l'applicazione di un Semi Continuous Mining.

○ **CALCOLO DEI FERMI – ORE DI LAVORO COMPLESSIVE**

Partendo dalle ore di produzione teoriche totali calcolate con quanto sopra descritto, pari a 5935,7 ore, di cui 5233 ore per scavo e 702,7 ore per tempo critico di posa conci, si sono calcolate le ore di lavoro complessive in galleria con le seguenti assunzioni:

● **Manutenzione TBM e Testa Fresante**

Nelle previsioni di avanzamento si è tenuto conto di:

- 4 ore medie giornaliere di manutenzione testa in ombra alla manutenzione giornaliera
- 12 ore di manutenzione in iperbarica ogni 200 metri di avanzamento per un tratto di circa 3,8 km quando si dovranno attraversare le formazioni delle Argille e Sabbie del Vallone Meridiano BVNb

● **Estensione Servizi**

Sono stati considerati i seguenti tempi di fermo:

- 12 ore ogni 750 metri di avanzamento per la estensione del nastro tunnel
- 4 ore ogni 250 metri di avanzamento per la estensione del cavo di MT
- 2 ore ogni 150 metri di avanzamento per il cambio di cassetta di ventilazione

Questi tempi, oltre che non essere soggetti a particolari imprevisti, sono specialmente cautelativi in quanto non è stata considerata alcuna contemporaneità di queste operazioni con la manutenzioni o altri fermi dell'avanzamento

● **Stand By TBM per Guasti**

Le TBM sono affidabili e garantite dai costruttori per efficienze dell'ordine del 95%.

Una parte dei guasti possono essere riparati durante la manutenzione non essendo critici per l'avanzamento, altri invece richiedono il fermo della TBM. Lo stesso accade per gli impianti ausiliari.

Complessivamente si è tenuto in conto di uno stand by della TBM per riparazione guasti pari a:

- Per la TBM: 6% del tempo totale di lavoro, pari mediamente a circa 1,44 ore/giorno di fermo TBM.
- Per gli impianti ausiliari: 3% del tempo totale di lavoro, pari mediamente a circa 0,7 ore/giorno di fermo

Questo dato è in linea con la esperienza delle imprese della JV in centinaia di utilizzi di TBM in precedenti cantieri.

- **Learning Curve**

Si è prudentemente considerata una learning curve di due mesi nel primo utilizzo e di un mese nel secondo utilizzo, quindi mediamente di 1,5 mesi al 50% della produzione.

- **Pretrattamenti al fronte**

In accordo alla previsione geologica ed indicazioni preliminari dei progettisti si sono considerati degli interventi di probing nelle zone di variazione geologica e nelle faglie previste, considerando la realizzazione in esse di fori di profondità 50 mt.

- **Cambi di diametro/riconfigurazione e variazioni di parure di testa**

Lungo la tratta da scavare sono previsti sia delle variazioni di parure di testa (cambi di utensili da cutter a ripper e viceversa) che variazioni di diametro di scavo per tratti estesi nell'attraversare alcune tratte geologiche. Per effettuare tali cambi di diametro e/o variazioni di utensili le TBM dovranno essere riconfigurate, con un tempo medio di lavoro di circa 2,5 giorni o 6 a seconda se l'attività avvenga in pressione o meno.

- **Riserve prudenziali per altri fermi minori**

L'esperienza di scavo meccanizzato porta sempre a considerare una riserva di ore per fare fronte ai tanti fermi di produzione non determinabili analiticamente, In tale parte di galleria si è valutata nel 10% del tempo

TRATTA in configurazione B – diametro di scavo 10,18 m

Prima di effettuare lo scavo di tale parte di galleria, di lunghezza complessiva di 5.365 m, le TBM vengono riconfigurate passando da un diametro di scavo di 9,92 m a 10,18 m.

Di seguito tabella di dettaglio:



BINARIO PARI IPOTESI FERMATE INTERMEDIE CON CAMBIO DI 6 RIPPER e 8 scraper per volta e ogni 100 m

Galleria Hirpinia. Scavo meccanizzato TBM 3 CREG lato Bari Ø 9.92m, Binario pari. PE revisione B. Fermate delle TBM 3 CREG in FAE/am, FYR, FYR2 e APC.								
Formazione	Copertura [m]	Progressi va inizio [m]	Progressi va fine [m]	Lunghezza a tratto [m]	Pressione al fronte [bar]	pressione di calcolo	N°SOSTA	ORE FERMATA [h]
FAE/am	170-190	51094	51247	153	0 - 2			
FYR	125-170	51247	52020	773	4 - 5	4,5	8	665,6
	70-125	52020	52341	321	3 - 4	3,5	3	249,6
	70	52341	52362	21	3 - 5		0	
FYR2	70-115	52362	53042	680	3 - 4	3,5	7	582,4
	115-130	53042	53163	121	2 - 4	2,5	1	32,2
	130	53163	53184	21	2 - 4		0	
FYR	135	53184	53220	36	2 - 4		0	
	110-135	53220	53556	336	3 - 4	3,5	3	249,6
	80-110	53556	53708	152	3 - 4	3,5	2	166,4
APC	80	53708	53723	15	3 - 5		0	
	80	53723	53729	6	2		0	
	65-80	53729	53784	55	1 - 2	1,5	1	25,2
FYR	80-130	53784	54051	267	3 - 4	3,5	3	249,6
	130-190	54051	54636	585	4 - 5	4,5	6	499,2
	130-150	54636	56065	1429	3 - 4	3,5	14	1164,8
	140	56065	56082	17	3 - 4		0	
							48	3884,6

È da osservare che qualora si abbiano interventi in iperbarica con pressioni superiori o uguali a 2,5 bar, sarà richiesta la presenza di specialisti esterni, mentre quelli a minore pressione potranno essere svolti da personale già in essere nel cantiere.

- **Estensione Servizi**
Valgono le medesime ipotesi della configurazione A
- **Stand By TBM per Guasti**
Valgono le medesime ipotesi della configurazione A
- **Pretattamenti al fronte**
Valgono le medesime ipotesi della configurazione A
- **Cambi di diametro/riconfigurazione e variazioni di parure di testa**
Vale quanto già scritto per la tratta iniziale
- **Riserve prudenziali per altri fermi minori**
In tale parte di galleria si è valutata nel 15% del tempo

Tutte le assunzioni sopra considerate, suddivise nelle due tratte considerate, sono riassunte nella tabella sottostante, che considera:

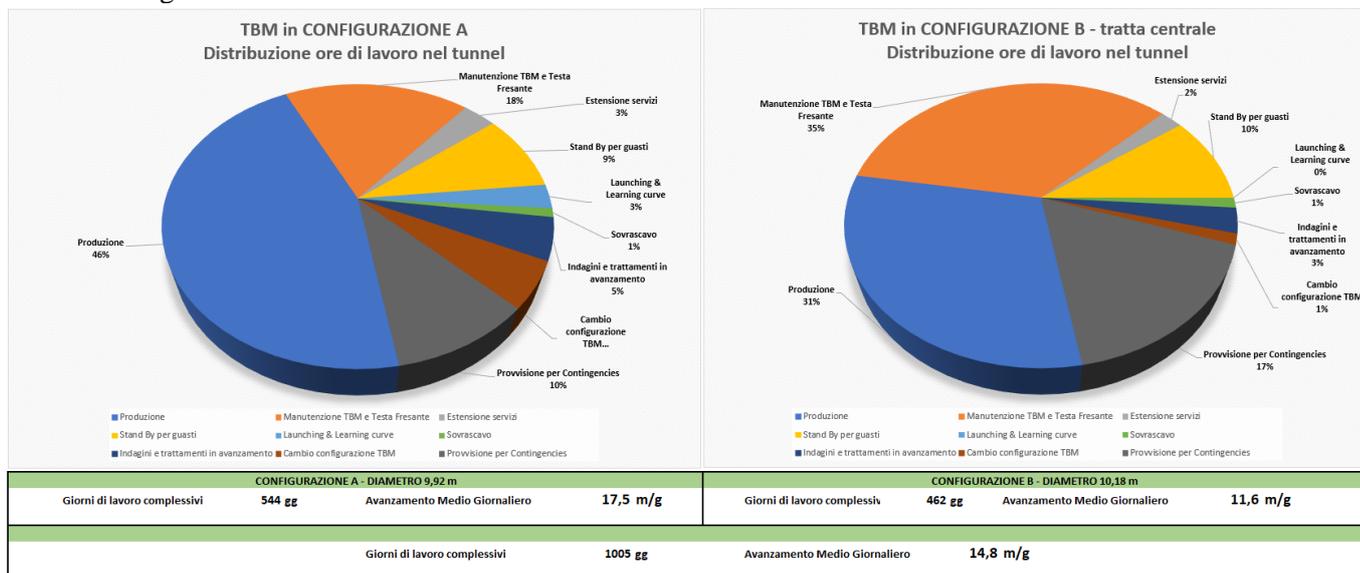
- CONFIGURAZIONE A:
 - Ore complessive di scavo 13.046 ore, pari a 544 giorni
 - Avanzamento medio giornaliero: 17,5 m/g
- CONFIGURAZIONE B:
 - Ore complessive di scavo 11.077 ore, pari a 462 giorni
 - Avanzamento medio giornaliero: 11,6 m/g

Considerando la produzione media complessiva:

- Ore complessive di scavo: 24.124 ore, pari a 1005 giorni
- Avanzamento medio giornaliero: 14,8 m/g

DISTRIBUZIONE ORE DI LAVORO NEL TBM TUNNEL													INDAGINI E TRATTAMENTI IN AVANZAMENTO			Tutte le ore di lavoro in tunnel		
CONFIGURAZIONE TBM	Produzione		Manutenzione TBM e Testa Fresante		Estensione servizi			Stand By per guasti		Launching & Learning curve	Sovrascavo	Indagini e trattamenti in avanzamento	Cambio configurazione TBM	Provisione per Contingencies	giorni di lavoro	Avanzamento Medio Giornaliero	ud/m	
	Scavo	Rivestimento	Programmata	Straordinaria	Nastro	Cavo MT	Ventilazione	TBM	Altri									
CLOSED (config.A)	5233	703	2174	230	152	152	126	783	381	360	130	626	692	1905	8274			63,4% ore non funzione del tempo
CLOSED (config.B)	2974	397	0	3885	86	86	72	752	366		125	318	136	1881	4773			35,6% ore non funzione del tempo
Totals	8207	1100	2174	4115	238	238	198	1535	746	360	256	943	0	3786	24124			Totale complessive ore di lavoro
RESUME CONFIG.A	45,5%		18,4%		3,3%			8,9%		2,8%	1,0%	4,8%		5,3%	13048	544	17,5	CONFIG. A
RESUME CONFIG.B	30,4%		35,1%		2,2%			10,09%		0,0%	1,1%	2,9%		1,2%	11077	462	11,6	CONFIG. B
OVERALL RESUME	38,6%		26,1%		2,8%			5,5%		1,5%	1,1%	3,9%		3,4%	1005,1	gg		
Giorni di lavoro complessivi															1005,1	gg		
Avanzamento Medio giornaliero complessivo															14,77	m/g		

Di seguito si mostra la distribuzione percentuale delle ore di lavoro in galleria, per entrambe le configurazioni, riassunta nei grafici sottostanti



Da osservare che la produzione netta delle TBM è, nella tratta in configurazione A, pari a circa il 46% del tempo complessivo, e si riduce, nella tratta in configurazione B, al 31% a causa della maggiore complessità geologica.

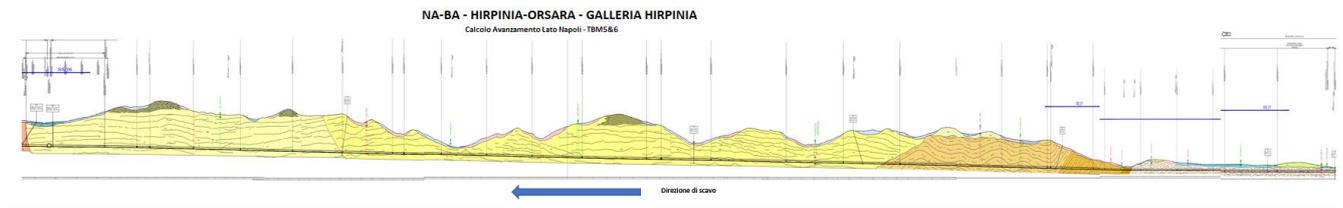
b) TBM lato Napoli (TBM#5&TBM#6)

Tali macchine eseguiranno lo scavo di ciascuna canna della galleria Hirpinia partendo dal portale lato Napoli, per una lunghezza complessiva di 11.703 m.

Si descrivono di seguito le metodologie utilizzate per il calcolo delle previsioni di avanzamento:

- **CICLO DI AVANZAMENTO – ORE DI PRODUZIONE TEORICHE**

Si è calcolato il ciclo medio di avanzamento, e conseguentemente il totale delle ore necessarie per completare il primo tratto di galleria, considerando che le TBM sono dotate e utilizzeranno il sistema Continuous Mining. I dettagli sono evidenziati nella tabella sottostante



STUDIO AVANZAMENTI - TBM EPB - TUNNEL HIRPINIA - TBMS&6 lato Napoli																												
m	pA	pA	lunghezza	FORMAZIONE	LITOLOGIA	pressione	pressione di calcolo	ONFIGURAZIONE TB		PENETRAZIONI, CICLI DI AVANZAMENTO E ORE OPERATIVE										Escavation Hours [Eh]	Critical Excavation Hours [Ch]	Operation Hours [Oh]	PARURE TESTA	GAP1 (01039)	GAP2 (01044)	GAP3 (01049)	GAP4 (01054)	GAP5 (01059)
								EPB (CLOSE MODE)	EPB (OPEN MODE)	Penetration rate	Cutterhead speed	Advance	Boiling Stroke	Boiling time	Long erection time	Long Erection Critical path	Advance Cycle time	Advance Rate	h									
56477	56800	323		STF2	1-3	1	323	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	179,44	23,99	203,37	Mix Ripper/Cutter								
56800	57582	782			1-2	1	782	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	434,44	57,99	492,37	Ripper cutter	X							
57582	57603	21			1-3	1	21	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,67	1,56	13,22	Mix Ripper/Cutter				X				
57603	58609	1006			1-3	1	1006	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	558,89	74,52	633,41	Ripper cutter					X			
58609	58630	21			1-2	1	21	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,67	1,56	13,22						X			
58630	58970	340			1-2	1	340	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	185,00	25,19	214,07	Ripper cutter						X		
58970	58997	27			1-2	1	27	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	15,00	2,00	17,00							X		
58997	59022	25			2-3		25	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	13,89	1,85	15,74							X		
59022	59346	324			2-3		324	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	180,00	24,00	204,00	Ripper cutter						X		
59346	59870	524			1-2		524	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	291,11	38,81	329,93	Ripper cutter						X		
59870	60028	158		1-2		158	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	87,78	11,70	99,48							X			
60028	60048	20		1-2		20	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,11	1,48	12,59							X			
60048	60456	408		1-2		408	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	226,67	30,22	256,89	Ripper cutter						X			
60456	61039	582		1-2		582	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	312,22	41,69	353,85	Ripper cutter						X			
61039	61039	21		1		21	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,67	1,56	13,22							X			
61039	62071	1032		1-3		1032	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	573,33	76,44	649,78	Mix Ripper/Cutter						X			
62071	62092	21		1-2		21	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,67	1,56	13,22							X			
62092	62170	78		1-2		78	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	43,33	5,78	49,11							X			
62170	62235	65		1-2		65	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	25,00	3,39	28,33	Ripper cutter							X		
62235	62235	20		1		20	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	11,11	1,48	12,59							X			
62235	62339	104		1-2		104	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	57,78	7,70	65,48	Ripper cutter							X		
62339	63300	961		1-2		961	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	533,89	71,19	605,07	Ripper cutter						X			
63300	63698	398		1-2		398	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	221,11	29,48	250,59							X			
63698	63972	274		4-5		274	18,00	1,50	27,00	1800	66,67	28	8	74,67	1,45	169,14	20,30	189,43							X			
63972	64570	598		3-4		598	18,00	1,50	27,00	1800	66,67	28	8	74,67	1,45	369,14	44,30	413,43	Disco cutter						X			
64570	65075	505		4-5		505	18,00	1,50	27,00	1800	66,67	28	8	74,67	1,45	311,73	37,41	349,14							X			
65075	65407	332		3-4		332	18,00	1,50	27,00	1800	66,67	28	8	74,67	1,45	206,94	24,59	229,53							X			
65407	65636	209		3-4		209	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	116,11	15,48	131,89							X			
65636	66005	369		3-4		369	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	216,11	28,81	244,83	Ripper cutter						X			
66005	66123	118		2-3		118	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	65,56	8,74	74,30							X			
66123	68190	2057		1-2		2057	20,00	1,50	30,00	1800	60,00	28	8	68,00	1,59	1142,78	152,37	1295,15	Ripper cutter						X			
medie								19,74	1,50	29,61	1800,00	60,86	28,00	8,00	68,86	1,57												

Nello specifico si sono usate le seguenti assunzioni operative:

- **Penetrazione per giro testa:** valutata in 18 o 20 mm/giro, a seconda della zona attraversata
- **Velocità di rotazione testa fresante:** 1,5 giri/min
- **Tempo Critico di montaggio anello:** valutato in 8 min

Con tale tempo critico si intende la parte di tempo di erezione anello che non è in ombra allo scavo. Tale ipotesi è di tipo conservativo, in quanto presuppone l'applicazione di un Semi Continuous Mining.

o **CALCOLO DEI FERMI – ORE DI LAVORO COMPLESSIVE**

Partendo dalle ore di produzione teoriche totali calcolate con quanto sopra descritto, pari a 7474,05 ore, di cui 6607,16 ore per scavo e 866,89 ore per tempo critico di posa conci, si sono calcolate le ore di lavoro complessive in galleria con le seguenti assunzioni:

- **Manutenzione TBM e Testa Fresante**
Nelle previsioni di avanzamento si è tenuto conto di:

- 3 ore medie giornaliere di manutenzione giornaliera
- I tempi delle fermate in iperbarica sono stati calcolati nel dettaglio nelle varie zone da attraversare, considerando le seguenti ipotesi:
 - Ipotesi di fermate:
 - Nelle zone con le pressioni più elevate, ogni 100 m, con cambio di 5 ripper e 7 scraper
 - Nelle altre zone, ogni 200 m, sempre con cambio di 5 ripper e 7 scraper
 - Interventi in iperbarica in aria con decompressione in ossigeno,
 - Utilizzo di massimo 5 turni operativi di specialisti esterni

È da osservare che qualora si abbiano interventi in iperbarica con pressioni superiori o uguali a 2,5 bar, sarà richiesta la presenza di specialisti esterni, mentre quelli a minore pressione potranno essere svolti da personale già in essere nel cantiere.

Di seguito tabelle con il calcolo delle ore di fermo:

Per le zone con più elevate pressioni:

BINARIO PARI

IPOTESI FERMATE INTERMEDIE CON CAMBIO DI 6 RIPPER e 8 scraper per volta e ogni 100 m

Galleria Hirpinia. Scavo meccanizzato TBM 5 CRCHI lato Napoli Ø 9.83m, Binario pari. PE revisione B.											
Formazione	Copertura [m]	Progressiva inizio [m]	Progressiva fine [m]	Lunghezza tratto [m]	Pressione al fronte [bar]	pressione e di calcolo	N°SOSTA	PARURE TESTA	Note	pressione di calcolo	ORE FERMATA [h]
ANZ2	115-155	63638	63972	274	4-5	4,5	3	CUTTER			211,2
	115-175	63972	64570	598	3-4	3,5	6				422,4
	120-160	64570	65075	505	4-5	4,5	5				352,0
	115-130	65075	65407	332	3-4	3,5	3				211,2
	75-115	65407	65616	209	3-4	3,5	0			**incluso nella riconfigurazione	
TFR	20-75	65616	66005	389	3-4	3,5	4	RIPPER			281,6
21											
1478,4											

Per tutte le altre zone:

BINARIO PARI

IPOTESI FERMATE INTERMEDIE CON CAMBIO DI 5 RIPPER e 7 scraper per volta e ogni 200 m

Galleria Hirpinia. Scavo meccanizzato TBM 5 CRCHI lato Napoli Ø 9.83m, Binario pari. PE revisione B.												
Formazione	Copertura [m]	Progressiva inizio [m]	Progressiva fine [m]	Lunghezza tratto [m]	Pressione al fronte [bar]	pressione e di calcolo	N°SOSTA	PARURE TESTA	Note	pressione di calcolo	ORE FERMATA [h]	
STF2	110-215	56477	56800	323	1-3	2	2	Mis Ripper/Cutter			50,7	
	110-215	56800	57582	782	1-2	1	4	Ripper cutter			80,4	
	175	57582	57603	21	1-3	2	0				0,0	
	155-200	57603	58609	1006	1-3	2	5	Mis Ripper/Cutter			126,9	
	160	58609	58630	21	1-2	1	0				0,0	
	160-175	58630	58970	340	1-2	1	2				40,2	
	175	58970	58997	27	1-2	1	0				0,0	
	175	58997	59022	25	2-3	2,5	0				0,0	
	175-130	59022	59346	324	2-3	2,5	2				56,8	
	75-130	59346	59670	324	1-2	1	3	Ripper cutter			60,3	
BNA2	35-75	59670	60028	358	1-2	1	1				20,1	
	35	60028	60048	20	1-2	1	0				0,0	
	35-120	60048	60456	408	1-2	1	2				40,2	
	80-120	60456	61018	562	1-2	1	3				60,3	
	80	61018	61039	21	1	1	0				0,0	
	80-200	61039	62071	1032	1-3	2	5	Mis Ripper/Cutter			126,9	
	135	62071	62092	21	1-2	1	0				0,0	
	100-135	62092	62170	78	1-2	1	0				0,0	
	75-100	62170	62215	45	1-2	1	0				0,0	
	75	62215	62235	20	1	1	0	Ripper cutter			0,0	
	75-85	62235	62339	104	1-2	1	1				20,1	
	75-140	62339	63300	961	1-2	1	5				100,5	
	125-145	63300	63638	338	1-2	1	2				40,2	
	TFRa	15-20	66005	66123	118	2-3	2,5	1	Ripper Cutter			28,4
	APC	15-50	66123	68180	2057	1-2	1	10				201,0
48												
1053,0												

• **Estensione Servizi**

Sono stati considerati i seguenti tempi di fermo:

- 12 ore ogni 750 metri di avanzamento per la estensione del nastro tunnel
- 4 ore ogni 250 metri di avanzamento per la estensione del cavo di MT

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 29 a 35

- 2 ore ogni 150 metri di avanzamento per il cambio di cassetta di ventilazione

Questi tempi, oltre che non essere soggetti a particolari imprevisti, sono specialmente cautelativi in quanto non è stata considerata alcuna contemporaneità di queste operazioni con la manutenzioni o altri fermi dell'avanzamento

- **Stand By TBM per Guasti**

Le TBM sono affidabili e garantite dai costruttori per efficienze dell'ordine del 95%.

Una parte dei guasti possono essere riparati durante la manutenzione non essendo critici per l'avanzamento, altri invece richiedono il fermo della TBM. Lo stesso accade per gli impianti ausiliari.

Complessivamente si è tenuto in conto di uno stand by della TBM per riparazione guasti pari a:

- Per la TBM: 6% del tempo totale di lavoro, pari mediamente a circa 1,44 ore/giorno di fermo TBM.
- Per gli impianti ausiliari: 3% del tempo totale di lavoro, pari mediamente a circa 0,7 ore/giorno di fermo

Questo dato è in linea con la esperienza delle imprese della JV in centinaia di utilizzi di TBM in precedenti cantieri.

- **Learning Curve**

Si è prudentemente considerata una learning curve di due mesi nel primo utilizzo e di un mese nel secondo utilizzo, quindi mediamente di 1,5 mesi al 50% della produzione.

- **Pretrattamenti al fronte**

In accordo alla previsione geologica ed indicazioni preliminari dei progettisti si sono considerati degli interventi di probing nelle zone di variazione geologica e nelle faglie previste, considerando la realizzazione in esse di fori di profondità 50 mt.

- **Cambi di diametro/riconfigurazione e variazioni di parure di testa**

Lungo la tratta da scavare sono previsti sia delle variazioni di parure di testa (cambi di utensili da cutter a ripper e viceversa) che variazioni di diametro di scavo per tratti estesi nell'attraversare alcune tratte geologiche. Per effettuare tali cambi di diametro e/o variazioni di utensili le TBM dovranno essere riconfigurate, con un tempo medio di lavoro variabile in funzione delle pressioni incontrate.

- **Riserve prudenziali per altri fermi minori**

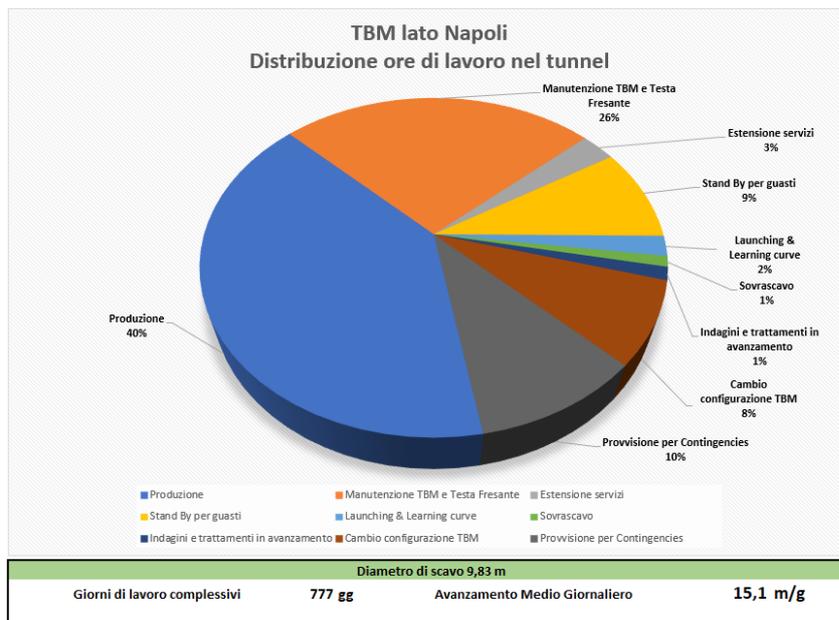
L'esperienza di scavo meccanizzato porta sempre a considerare una riserva di ore per fare fronte ai tanti fermi di produzione non determinabili analiticamente, In tale parte di galleria si è valutata nel 10% del tempo

Tutte le assunzioni sopra considerate sono riassunte nella tabella sottostante, che considera:

- Ore complessive di scavo 18.643 ore, pari a 777 giorni
- Avanzamento medio giornaliero: 15,1 m/g

TBM LATO NAPOLI - DISTRIBUZIONE ORE DI LAVORO NEL TBM TUNNEL																								
CONFIGURAZIONE TBM	Produzione							Stand By per guasti		Launching & Learning curve		Sovrascavo		INDAGINI E TRATTAMENTI IN AVANZAMENTO		Provisione per Contingencies	Totale ore di lavoro in tunnel							
	Scavo	Rivestimento	Programmata	Straordinaria	Nastro	Cavo MT	Ventilazione	TBM	Altri			Probing	Drenaggi	Consolidam anti ad infraggi	Cambio configurazione TBM									
CLOSE	6607	867	2330	2531	187	187	156	1119	544	360					1472		11600	67,6% ore non lavorate del tempo 32,4% ore lavorate del tempo						
Totals	6607	867	2330	2531	187	187	156	1119	544	360	186	232		0	1472	1864	18643				Totale complessivo ore di lavoro			
	7474		4862		531		1662		360		186		232		1472		1864		18643		Totale complessivo ore di lavoro			
	40,1%		26,1%		3,8%		8,9%		1,9%		1,0%		1,2%		7,9%		10,0%		18643		777	15,1	m/g	
OVERALL RESUME	40,1%		26,1%		2,8%		8,9%		1,9%		1,0%		1,2%		7,9%		10,0%		100%		776,8		15,07	m/g
																	Giorni di lavoro complessivi		776,8					
																	Avanzamento Medio giornaliero complessivo		15,07					

Di seguito si mostra la distribuzione percentuale delle ore di lavoro in galleria, per entrambe le configurazioni, riassunta nei grafici sottostanti



Per quanto riguarda i dettagli di calcolo, per entrambe le configurazioni, nel tratto lato Bari e nel tratto lato Napoli, è possibile fare riferimento agli allegati.

Come evidente da quanto in precedenza presentato le previsioni di avanzamento delle TBM lato Bari consentono di rispettare il programma lavori anche negli scenari più cautelativi relativamente ai tempi di intervento in iperbarica per la manutenzione della testa fresante.

In aggiunta, come descritto nel successivo capitolo sulla gestione del rischio residuo, sono state previste delle misure speciali da attivare all'occorrenza per consentire l'avanzamento delle TBM anche in condizioni geologiche peggiori del previsto, eventualmente combinate ad eventi che richiedano lunghi stand by.

	Webuild S.p.A. Strada 6 - Palazzo L Rozzano (MI) Tel. +39 02 444 22111			
Global Supply Chain - Plant & Equipment TBM & Auxiliaries		DOCUMENT CODING	REV.	PAGE Pag. 31 a 35

6. DETTAGLI TECNICI – APPRESTAMENTI SPECIALI

Sulle TBM sono previsti apprestamenti speciali sia per le misurazioni delle pressioni di terra agenti sugli scudi e del vuoto anulare a tergo degli stessi, che per la realizzazione e la gestione dell'extra-scavo mediante dispositivo di sovrascavo controllato. Tali apprestamenti sono essenzialmente sotto descritti:

- **Celle di Pressione**

Tali celle di pressione sono distribuite lungo tutti gli scudi, di sotto distribuzione schematica:

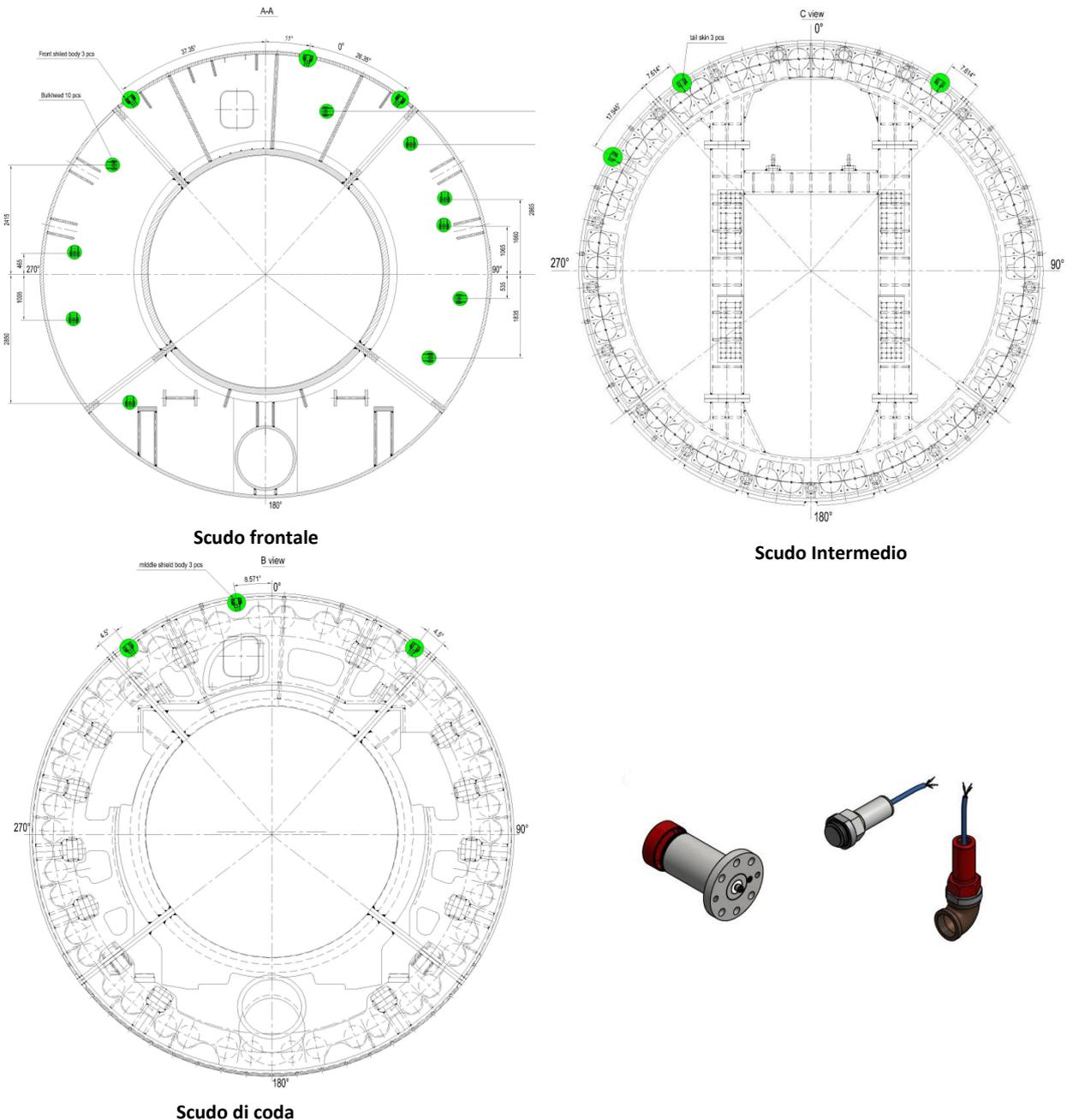


Figura 1 - Distribuzione e dettagli delle celle di pressione

Attraverso tali trasduttori è possibile misurare la pressione sugli scudi in continuo. Tali strumenti sono manutenibili e sostituibili in breve tempo durante lo scavo. Le misure rilevate sono inviate al PLC, il quale, sulla base della lettura delle altre celle di pressione installate in camera di scavo (*ref. Bulkhead in figura*), restituisce l'incremento della pressione dovuta ai fenomeni di convergenza. Tali dati sono inviati sulla piattaforma WeView che ne restituisce gli andamenti in forma grafica consentendo di verificare le ipotesi progettuali ed apportare le eventuali correzioni al PAT.

• **Fontimetri**

Su ciascuno scudo sono installati 3 fontimetri, secondo lo schema sotto indicato:

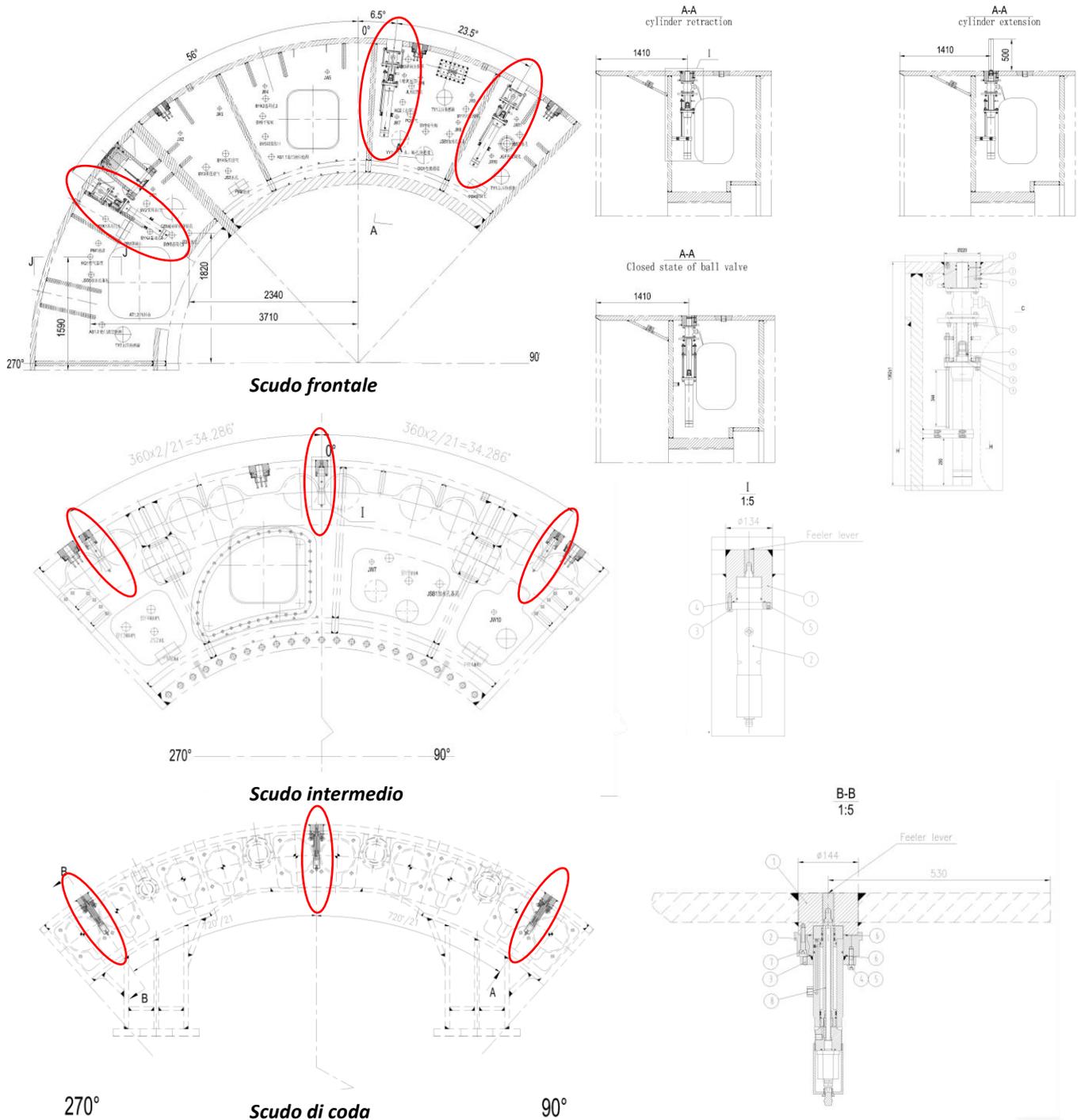


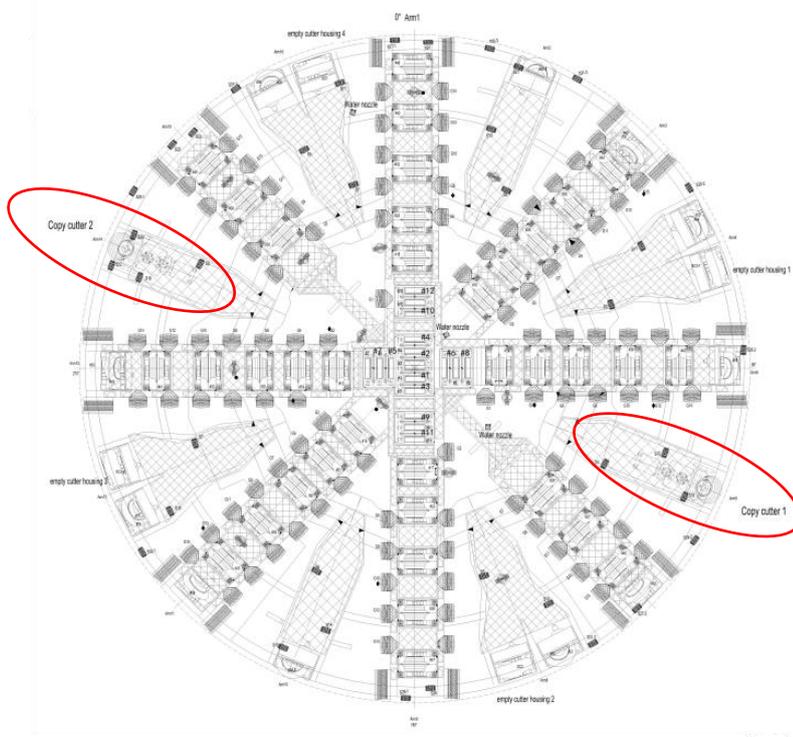
Figura 2 - Distribuzione e dettagli dei fontimetri

Tali dispositivi agiscono in maniera discreta, ad ogni fine scavo, e vengono azionati dall'operatore. Tutte le misure sono registrate e, nel caso in cui vengano rilevati valori oltre soglia critica, viene attivato il sovra-scavo, secondo quanto descritto in apposita procedura.

Tali dispositivi sono manutenibili e possono essere sostituiti anche in modalità di avanzamento. Essi sono facilmente sostituibili dall'interno dello scudo e la sostituzione richiede in teoria circa 1 ora.

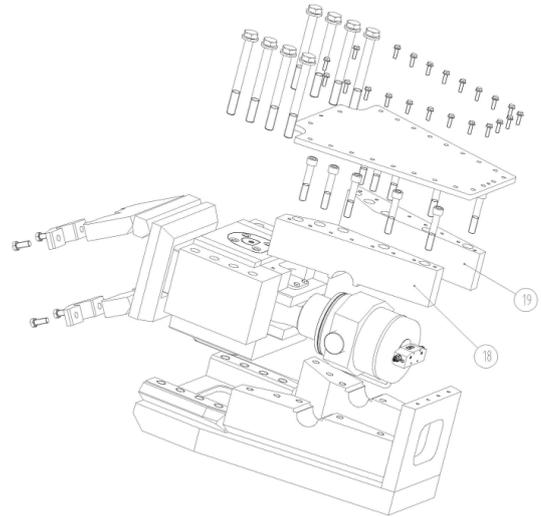
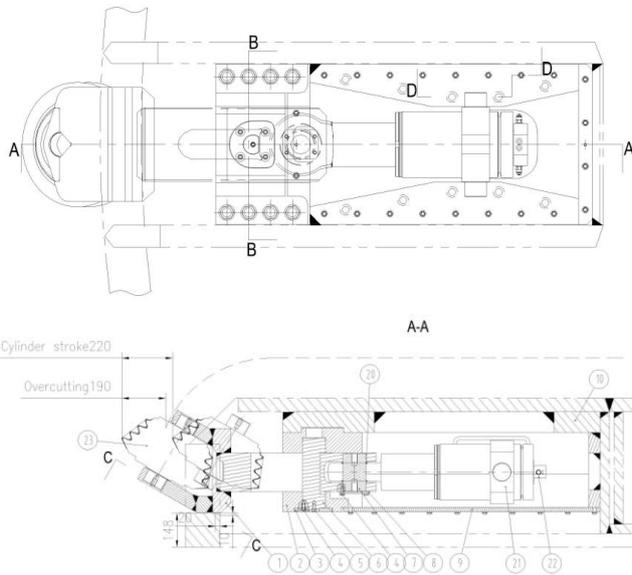
- **Copycutters**

La testa di scavo è equipaggiata con 2 dispositivi copy cutter, come evidenziabile nel disegno sottostante:



Tali dispositivi permettono di effettuare un extra-scavo in aggiunta al normale overcutting. Nello specifico il dispositivo è inserito in una sella, ha una corsa di 220 mm ed è possibile il raggiungimento un extrascavo modulare non simmetrico rispetto al raggio fino a 190 mm, in grado pertanto di realizzare un sovrascavo di 60 mm in ognuna delle configurazioni possibili del diametro di scavo, incluso quello massimo di 10.180 mm.

Di sotto i dettagli del sistema previsto:



Middle & Tail Shield Strength declaration

After finite element analysis under pressure of 15bar on both middle and tail shield, the results are as follows:

- (a) The local stress is lower the yield strength of middle & tail shield with minimum safety factor of 2.7.
- (b) The maximum total deformation of the middle & tail shield is 4.98 mm.

Therefore, CREG confirms that the safety factor and deformation are in line with the design standard and use requirements.



China Railway Engineering Equipment Group Co., Ltd.
28th February, 2023