

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN03 - GALLERIA NATURALE ROCCHETTA DA KM 10+074 A KM 16+623
ELABORATI GENERALI

Relazione Scavo Meccanizzato

| | | |
|---|--|----------------|
| APPALTATORE | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE | PROGETTISTA |
| Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 21/02/2020 | Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani | Ing. _____ |

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|--------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | SCALA: |
| IF28 | 01 | E | ZZ | RH | GN0300 | 002 | B | - |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------------|-------------|------------|---------------|------------|-----------|------------|------------------|
| A | Emissione per consegna | G.Lodigiani | 21/02/2019 | B. Spigarelli | 21/02/2019 | M. Gatti | 21/02/2020 | Ing. G. Cassani |
| B | Revisione per istruttoria | G.Lodigiani | 10/06/2020 | B. Spigarelli | 10/06/2020 | M. Gatti | 10/06/2020 | |
| | | | | | | | | 10/06/2020 |

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 2 di 26 |

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 2 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO..... | 4 |
| 2.1 | NOTE GENERALI | 4 |
| 2.2 | IMBOCCO GALLERIA ROCCHETTA LATO BARI, PK 10+106 | 6 |
| 2.3 | GALLERIA ROCCHETTA, DA PK 10+106 A 16+613..... | 8 |
| 2.4 | IMBOCCO GALLERIA ROCCHETTA LATO NAPOLI, PK 16+613..... | 10 |
| 3 | PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA..... | 13 |
| 4 | ASPETTI SPECIFICI DELLA TECNICA DI SCAVO MECCANIZZATO PER LE CONDIZIONI IN OGGETTO E RISPETTIVE CRITICITÀ..... | 14 |
| 4.1 | MODALITÀ DI AVANZAMENTO | 15 |
| 4.2 | PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO..... | 16 |
| 4.3 | CARATTERISTICHE DELLA TESTA DI SCAVO | 17 |
| 4.4 | CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI | 18 |
| 4.5 | OPERAZIONI DI MANUTENZIONE..... | 18 |
| 5 | ANALISI DEI RISCHI | 20 |
| 5.1 | INQUADRAMENTO GENERALE | 20 |
| 5.2 | REGISTRO DEI RISCHI E CONTROMISURE ADOTTATE..... | 21 |
| 5.2.1 | VALUTAZIONE DEI RISCHI..... | 21 |
| 5.3 | DESCRIZIONE DELLE CONTROMISURE..... | 22 |
| 5.3.1 | DOTAZIONI MACCHINA | 22 |
| 5.3.2 | PROCEDURE OPERATIVE..... | 23 |
| 6 | CANTIERIZZAZIONE PER LO SCAVO MECCANIZZATO | 24 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------|-------------------|-----------|----------------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|-------------|-----------|----------------|-------------------|-----------|----------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0300 002</td> <td style="text-align: center;">Bb</td> <td style="text-align: center;">3 di 26</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 3 di 26 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 3 di 26 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo per il raddoppio della linea ferroviaria Apice – Hirpinia; 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 Rocchetta, oggetto della presente relazione, che si estende per oltre 6 Km.

La galleria verrà realizzata 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).

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 4 di 26 |

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

2.1 NOTE GENERALI

La Galleria Rocchetta, lunga circa 6,5 Km, attraversa esclusivamente i termini della Formazione della Baronia. In particolare, circa il 77 % del tracciato si sviluppa all'interno della litofacies pelitica (BNA2) mentre il 23% interessa il Membro sabbioso di Apollosa (BNA3).

Ad esclusione dei settori in prossimità degli imbocchi, il tracciato è caratterizzato da alte coperture (fino a 400 m circa) e quindi non è interessato da processi legati alla stabilità dei versanti.

La ricostruzione del contesto geologico si è basata su un numero ridotto di sondaggi che, insieme alle alte coperture in gioco, potrebbe influenzare l'interpretazione riguardo l'esatta posizione del contatto tra il membro pelitico (BNA2) e il membro sabbioso (BNA3). In ogni caso le principali Formazioni attraversate possono essere individuate come segue:

- da 10+090 a 10+125 m: Membro dei conglomerati e delle sabbie della Formazione della Baronia (BNA1b), trattato nel capitolo precedente;
- da 10+125 a 15+050 m: Formazione della Baronia, membro pelitico (BNA2);
- da 15+050 a 16+610 m: Formazione della Baronia, membro sabbioso di Apollosa (BNA3).

Le formazioni attraversate sono caratterizzate da una certa eterogeneità litologica. In particolare, il membro sabbioso di Apollosa presenta all'interno frequenti corpi (livello o lenti) di argille marnose, generalmente consolidate, anche di spessore plurimetrico. Tali livelli sono stati segnalati prevalentemente nel settore occidentale della tratta considerata, verso l'imbocco lato Napoli della galleria Rocchetta, dove i sondaggi sono più diffusi; il loro riconoscimento e delimitazione infatti, deriva esclusivamente dai dati dei carotaggi (stratigrafie, prove di laboratorio).

Sulla base di tale considerazione non si esclude la presenza di tali corpi anche a partire dalla pk 15+150 dove è previsto che lo scavo entri nella formazione BNA3 e dove non sono presenti sondaggi per poter individuare eventuali alternanze dello stesso genere. E' quindi probabile che in questo settore, a partire da contatto sopra citato, la galleria sia caratterizzata da un fronte di scavo misto.

Altro fattore di attenzione, a cui si è già accennato in precedenza, è la difficoltà nel determinare la posizione dei limiti litologici sotto grandi coperture e in presenza di un limitato numero di sondaggi spinti fino a quota galleria. Questo porta ad un'incertezza sulla posizione del limite tra le litofacies BNA3 e BNA2.

Un ulteriore importante fattore di attenzione è rappresentato dal colamento presente in superficie nel settore compreso tra la pk 10+230 e 10+320, a cui non si è fatto cenno in precedenza. Questo dissesto, sulla base delle evidenze disponibili, che sono esclusivamente di tipo morfologico, ha indicativamente uno spessore di circa 7 – 8 m. Allo stato delle attuali conoscenze non vi sono chiare evidenze per ritenere che questo processo gravitativo di versante interferisca con la galleria. Esso si trova infatti circa 17 m sopra la calotta dell'opera. La modesta estensione trasversale e la nicchia poco marcata e poco acclive lasciano supporre che l'ipotesi di spessore adottata (7-8m) possa essere ragionevole. La strumentazione inclinometrica attivata in fase di P.E. non fornisce ovviamente ancora dati attendibili per verificare la profondità della superficie di scorrimento, dal momento che un monitoraggio inclinometrico significativo, soprattutto in caso di movimenti di limitata entità richiede svariati mesi. Inoltre non sono presenti dati inclinometrici da PD, poiché in questa fase il dissesto non era stato considerato attivo. In considerazione di tale situazione il criterio morfologico è l'unico adottabile, pur con le incertezze del caso.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 5 di 26 |

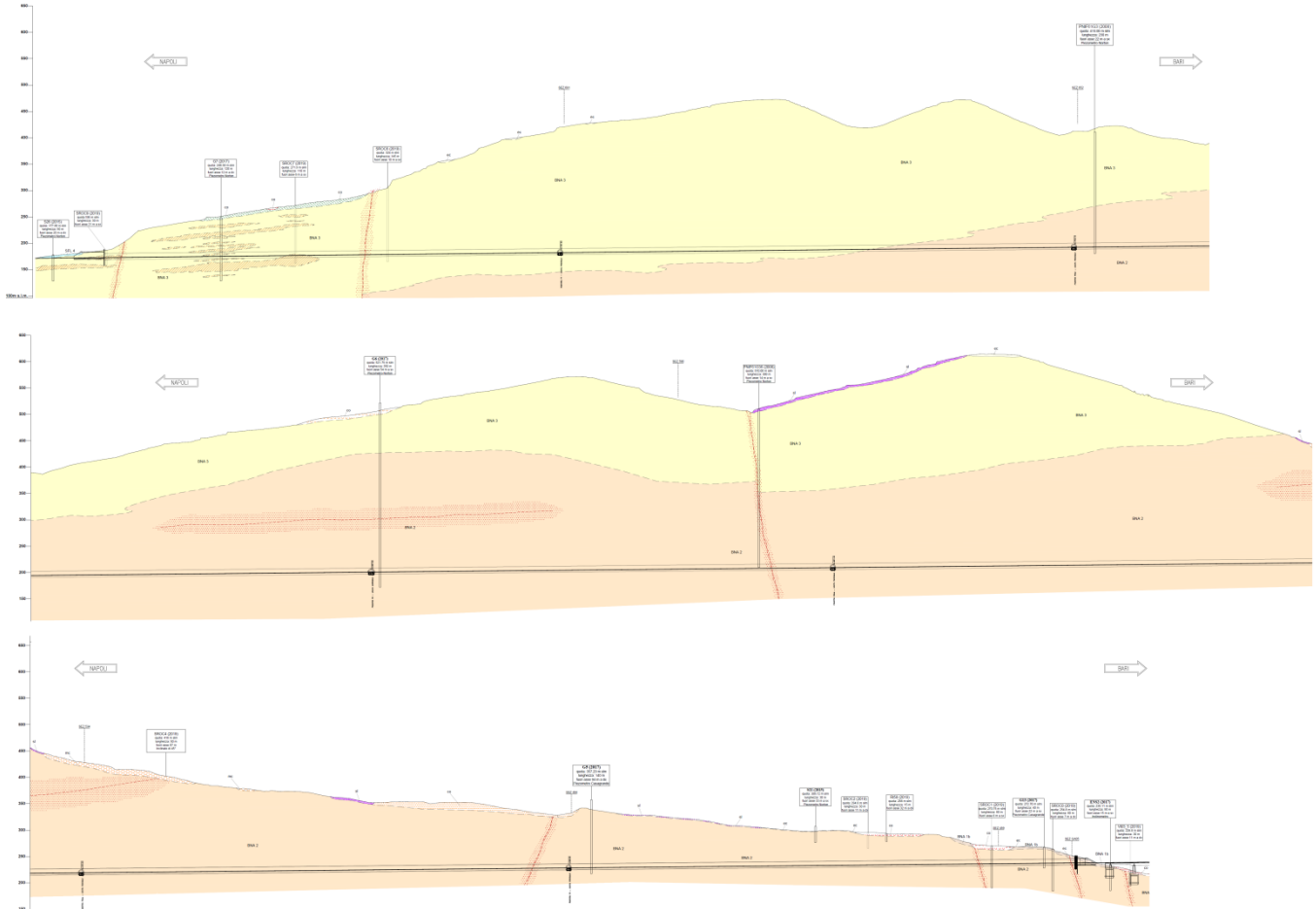


Figura 1 – Galleria Rocchetta – Profilo geomeccanico

L'applicazione di una TBM-EPB risulta particolarmente idonea per il contesto di scavo previsto.

La natura geologica dei terreni attraversati, caratterizzati in tutti i tre casi individuati da un comportamento allo scavo di tipo B (fronte stabile a breve termine – formazione BNA2) o anche di tipo C (fronte instabile – formazione BNA1, BNA2 quando assimilabile per comportamento meccanico ad un'argilla e BNA3) ben si presta all'esecuzione di uno scavo meccanizzato con fronte in pressione, che fornisce maggiori garanzie di sicurezza negli avanzamenti rispetto ad un approccio tradizionale, oltre a consentire una notevole contrazione dei tempi di scavo. La TBM garantisce inoltre la possibilità di scavare in fronti misti e disomogenei con terreni di natura e di comportamento geotecnico differenti, anche sotto falda.

Lo scavo con TBM consente inoltre un minore disturbo del contesto idrogeologico in fase di scavo, elemento che assume particolare importanza specie nell'attraversamento delle tratte a permeabilità maggiore, in particolare la Formazione della BNA3 presente per circa 500 metri, o nelle aree dove sono segnalate possibili interferenze con i pozzi ubicati in superficie (tratto iniziale della galleria lato Napoli).

Il ricorso ad una tecnologia di scavo meccanizzato consentirà inoltre una notevole flessibilità e prestazionalità nel superamento di eventuali punti critici, anche non individuati nella fase di studio geologico e caratterizzazione geotecnica. A tal riguardo va segnalato che la macchina sarà attrezzata per l'esecuzione di un monitoraggio in avanzamento in continuo (con metodi indiretti mediante tecnologia BEAM) oltre a garantire la possibilità di eseguire sondaggi in avanzamento mediante apposite perforatrici.

Come dimostrato anche dalle frequenti applicazioni in contesti urbani per lo scavo delle metropolitane, lo scavo meccanizzato consente un elevato grado di controllo delle deformazioni indotte in fase di scavo e delle loro

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 6 di 26 |

ripercussioni nell'ammasso al contorno, grazie al montaggio del rivestimento immediatamente a ridosso del fronte e all'esecuzione di iniezioni di intasamento a tergo dei conci, controllate in termini di volume e pressione e contestuali all'avanzamento della macchina, in grado di riempire completamente e stabilmente ogni eventuale vuoto tra concio e terreno. Questo aspetto risulta significativo specialmente nel tratto di galleria scavato in prossimità dell'imbocco lato Bari, laddove si è rilevata la presenza di di depositi franosi ed aree ad instabilità diffusa in particolare tra le pk 10+220 e 10+300, dove le coperture risultano inferiori ai 30m. La stessa tratta è caratterizzata inoltre dalla presenza di edifici in superficie.

La TBM-EPB sarà inoltre equipaggiata con gli apprestamenti necessari per poter scavare anche in ammassi con possibili manifestazioni gassose come quelli in oggetto, per i quali non può escludersi la presenza di metano.

2.2 IMBOCCO GALLERIA ROCCHETTA LATO BARI, PK 10+106

L'imbocco della Galleria Rocchetta lato Bari si imposta su un settore di versante, in destra orografica del Fiume Ufita, che dal punto di vista geomorfologico non presenta particolari criticità (Figura 2); appena a monte il versante cambia pendenza e diventa decisamente più acclive. Il settore dell'imbocco fa parte di una delle ridotte aree del versante non coinvolte in fenomeni franosi e in cui si riconoscono ancora forme imputabili all'antico modellamento fluviale, pertanto forme stabili dal punto di vista morfologico.

A più grande scala, l'intero versante è caratterizzato da una dinamica gravitativa quasi sempre attiva e da sistemi di lineamenti a direzioni principali NNE – SSW e NNW – SSE, individuati prevalentemente sulla base dell'analisi del rilievo DTM-Lidar e paralleli ai principali sistemi a scala regionale (Figura 4). La freschezza di alcune scarpate morfologiche localizzate lungo gli allineamenti di queste faglie ha fatto nascere il sospetto che tali lineamenti siano espressioni di una tettonica attuale e pertanto di faglie attive. Un'analisi della presenza di eventuali faglie attive è stata effettuata nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** nell'Allegato 1, cui si rimanda per dettagli, anticipando tuttavia in questa sede che le indagini condotte non hanno apportato evidenze conclusive per stabilire che le discontinuità in questione siano sede di movimenti attivi.

I versanti in questo settore sono contraddistinti da diversi elementi indice di una dinamica gravitativa attiva, quali contropendenze, variazioni di pendenza, scarpate minori, aspetto a "dossi".

La perimetrazione dei dissesti, la loro profondità e la loro attività inoltre è stata integrata e verificato con i dati della campagna di monitoraggio sugli inclinometri presenti nel settore: SROC1, SROC0, VI03-5 (2019), ENS2 (2017), in asse al tracciato e degli inclinometri S20, F16, ENS4 (2017). Il monitoraggio inclinometrico è tutt'ora attivo su tutte le verticali. Per il dettaglio delle misure si veda il paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

VI03-5 sembra muoversi ma non si capisce a che profondità

SROC0 e SROC1 hanno deviazione del foro elevatissima; come li leggiamo?



Figura 2 – Panoramica del versante in cui è previsto l'imbocco lato Bari della galleria Rocchetta.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 7 di 26 |

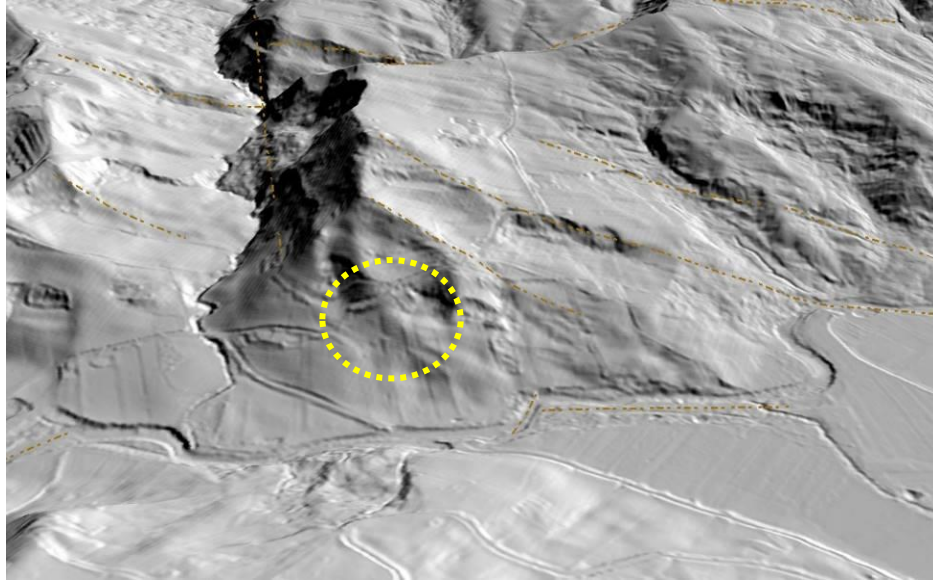


Figura 3 – Panoramica del versante in cui è previsto l’imbocco lato Bari della galleria Rocchetta; base: hillshade da DTM Lidar (in marrone i fotolineamenti, in giallo la zona del futuro imbocco)

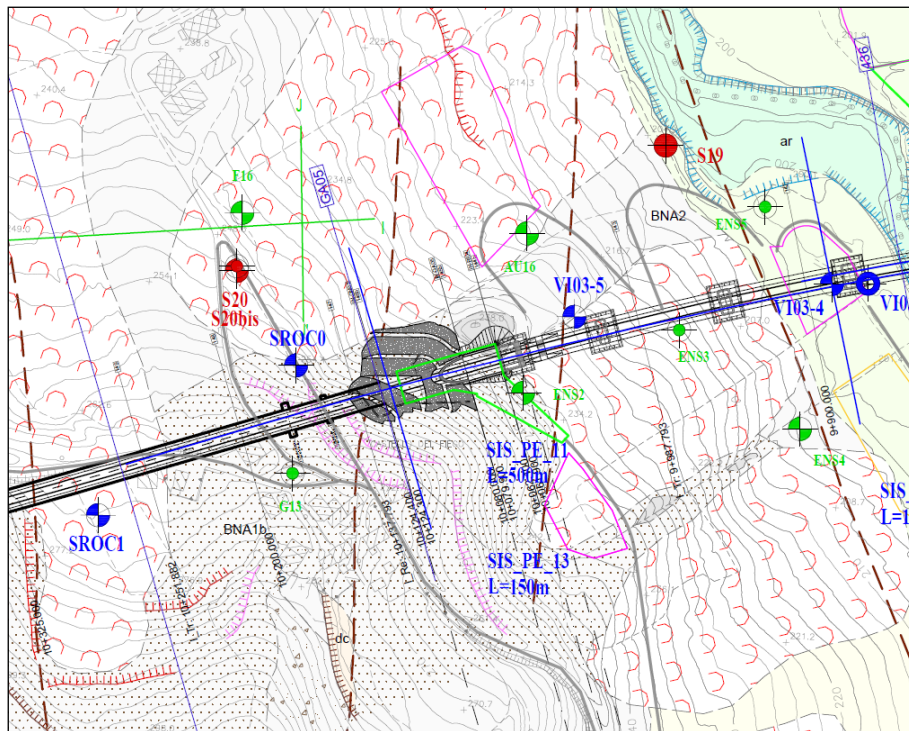


Figura 4 – Stralcio non in scala della carta geomorfologica (codice IF2801EZZN6GE0103007B) dell’imbocco lato Bari della galleria Rocchetta.

Interferenze elementi geomorfologici / opera

Sviluppandosi al piede di un versante con pendenze sostenute, si consiglia di valutare l’opportunità di eseguire interventi di stabilizzazione /messa in sicurezza della parete a monte.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 8 di 26 |

L'interferenza con i sistemi di faglie descritti in precedenza è trattata in dettaglio nella relazione geologica (codice IF2801EZZRGGE01101001A).

Si segnala la presenza di un colamento attivo ubicato sul versante poco più a Nord rispetto all'imbocco; sebbene al momento attuale non presenti interferenze con l'opera, è bene considerare un eventuale spostamento verso monte ad opera dell'erosione rimontante (Figura 4).

I dati del monitoraggio inclinometrico, tutt'ora attivo, sulla verticale S20 conferma un'attività del fenomeno.

Le interferenze con le opere di cantierizzazione saranno descritte in dettaglio nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

2.3 GALLERIA ROCCHETTA, DA PK 10+106 A 16+613

La Galleria Rocchetta, lunga circa 6,5 Km, attraversa l'esteso rilievo in sinistra orografica del fiume Ufita di cui il Monte Rocchetta è il culmine (630 m.s.l.m). Si tratta di un'area molto varia dal punto di vista geomorfologico in cui si alternano rilievi, zone depresse, incisioni e vallecole. Essendo la tratta caratterizzata da coperture medio-alte, generalmente superiori ai 100 m e con massimi di 350 – 400 m, tutti gli elementi geomorfologici individuati connessi a processi gravitativi, non interessano direttamente la galleria se non in prossimità degli imbocchi.

Ciò nonostante, al fine di caratterizzare geomorfologicamente il territorio attraversato, si illustrano i fenomeni franosi superficiali riconosciuti.

Partendo dalla zona a monte dell'imbocco lato Bari, il versante risulta caratterizzato da importanti corpi di frana attivi. Come si osserva dalla Figura 5, la dinamica gravitativa è facilmente riconoscibile ed interessa il versante dal culmine fino al fondovalle. Si tratta in genere di colamenti e frane complesse in cui sono ben evidenti gli elementi geomorfologici ad esse associati, come dossi e scarpate attive all'interno del corpo di frana.



Figura 5 – Panoramica del versante dell'imbocco lato Bari della Galleria Rocchetta in cui è segnato il versante (in rosso) caratterizzato da importanti movimenti franosi attivi (sx). Dettaglio di un settore di frana attivo (dx)

Alcuni colamenti attivi sono stati cartografati tra le pk 10+230 e 10+325 e tra le pk 10+450 e 10+525.

Il primo colamento citato si sviluppa in senso longitudinale lungo l'intero versante, dalla zona di cresta fino al fondovalle (circa 700 m); in senso trasversale mostra un'estensione variabile, al massimo di un centinaio di metri nella parte alta del versante e nella parte mediana diventa coalescente con un altro colamento fino a raggiungere un'estensione di circa 300 metri in prossimità del fondovalle. Nella parte sommitale del versante è contraddistinto da diverse scarpate disposte sia in senso ortogonale che trasversale al pendio con un moderato grado di rimodellamento, che lascia ancora intravedere chiaramente la morfologia delle scarpate ma che ne ha già in parte rielaborata la superficie. La nicchia di distacco risulta poco marcata dal punto di vista morfologico. Nella parte intermedia del versante invece è ben visibile una scarpata, molto inclinata, alta circa 10-15 metri, che delimita verso W il colamento. Da quanto si osserva dall'analisi dei lineamenti tale scarpata sembra geneticamente legata alla faglia diretta circa NNE-SSW che attraversa l'intero versante. Secondo questa interpretazione la faglia esercita probabilmente un controllo strutturale sul fenomeno franoso.

| | | | | | | |
|--|--|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 9 di 26 |

Anche nella parte medio- bassa del versante, gli elementi morfologici associati al colamento sono molto evidenti. Tutto il settore infatti è caratterizzato da una morfologia irregolare “a dossi”, interrotti da scarpate sia trasversali che longitudinali rispetto al pendio.

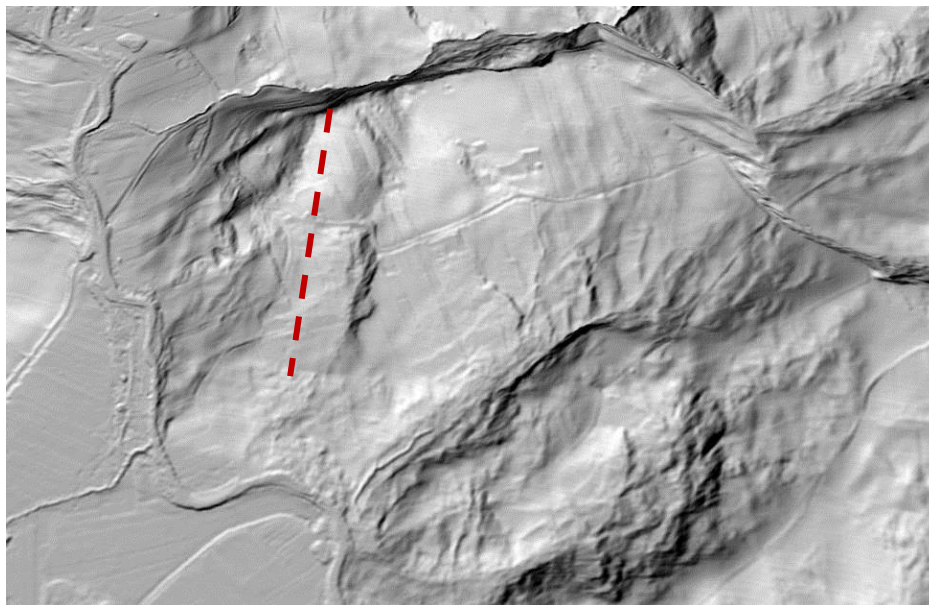


Figura 6 – Stralcio non in scala del versante dell’imbocco lato BA della Galleria Rocchetta; si nota l’estensione del dissesto ed il sistema di lineamenti principali.

Indizi di attività, anche importante, si osservano inoltre sulla viabilità esistente e sulle infrastrutture; è comune osservare pali della luce inclinati, lesioni al piano stradale, murette lesionate e muri e gabbionate di contenimento spostati (Figura 7).



Figura 7 – Rottura dei gabbioni di contenimento ad opera di movimenti franosi attivi lungo strada a monte di Castel Fiego.

Una trincea realizzata nella parte sommitale del colamento (a valle della presunta nicchia), con lo scopo di individuare l’eventuale stato di attività della faglia sopra citata, ha messo in evidenza, tramite l’analisi di facies dei depositi attraversati, un’attività del colamento molto significativa che coinvolge una modesta quantità di materiale. In considerazione di questo e data la posizione del sito di indagine (sommità del versante) si può supporre che verso valle, lo spessore del corpo di frana possa essere significativo. Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla relazione in Allegato 1.

| | | | | | | |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 10 di 26 |

Il sondaggio SROC1, eseguito sul colamento, appena a monte del tracciato non mette in evidenza in modo chiaro lo spessore di questo corpo. Cautelativamente è stata definita una superficie di movimento, in prossimità del tracciato ad una profondità di 7-8 metri dalla superficie.

Il monitoraggio inclinometrico lungo questa verticale è attivo ed al momento della stesura del documento è presente una sola lettura.

Il secondo colamento riconosciuto, tra le pk 10+450 e 10+525, interferisce con l'imbocco della finestra F5 e il piazzale antistante.

Proseguendo planimetricamente verso l'imbocco lato Napoli, il tracciato tra le pk 11+250 e 12+125 corre parallelo ad una incisione alla base di un rilievo di probabile origine strutturale.

Dalla pk 12+125 fino all'imbocco lato Napoli si entra in un settore caratterizzato superficialmente da una morfologia più accidentata in cui incisioni fluviali e/o strutturali si intervallano a rilievi anche con pendenze sostenute. Tale morfologia, unitamente alla presenza più sporadica di frane, attive e quiescenti, trova giustificazione nel passaggio litologico tra il membro argilloso BNA2 e la litofacies sabbiosa BNA3 alla pk 12+125.

Dal punto di vista morfostrutturale, si segnala la presenza di diversi lineamenti, orientati secondo i principali sistemi a scala regionale, alcuni dei quali sono stati interpretati come faglie. Per quanto riguarda l'interferenza tra questi elementi tettonici e la galleria per questa tratta si rimanda alla relazione geologica (codice IF2801EZZRGGE01101001B).

Interferenze elementi geomorfologici / opera

L'elemento di attenzione principale è rappresentato dal colamento presente tra la pk 10+230 e 10+320; Allo stato delle attuali conoscenze non vi sono motivi per ritenere che questo processo di versante interferisca con la galleria. Si trova infatti a circa 17 m sopra la calotta. Tuttavia, si rimanda ad una fase in cui vi siano sufficienti dati di monitoraggio inclinometrico del sondaggio SROC1 tali da poter definire precisamente la profondità dei movimenti in atto (ad oggi è presente una sola lettura).

Un altro aspetto da considerare riguarda il probabile controllo strutturale esercitato dalla faglia a direzione NNW – SSE sull'innescò di questo fenomeno.

Non è da escludersi che l'interazione tra lo scavo e tale faglia, che costituisce un elemento di debolezza geomeccanica, possa determinare un approfondimento del fenomeno franoso attualmente attivo ad un livello più elevato rispetto alla quota galleria. A questo proposito si consiglia, a valle dell'acquisizione dei dati di monitoraggio inclinometrico, di escludere questo rischio, basandosi su una modellizzazione numerica.

2.4 IMBOCCO GALLERIA ROCCHETTA LATO NAPOLI, PK 16+613

L'imbocco lato Napoli della Galleria Rocchetta si colloca su una porzione di versante a bassa pendenza (Figura 8), alcune decine di metri a valle di una scarpata impostata in arenarie alta circa 35 metri (Figura 10). Il modellamento di questo settore è prevalentemente da mettersi in relazione a fenomeni di erosione fluviale, ovvero ai fenomeni che hanno determinato il profilo attuale della valle principale a seguito dell'approfondimento generalizzato del reticolo idrografico.

La scarpata citata in precedenza appare però anche da correlarsi con motivi morfostrutturali, ovvero essa si è presumibilmente impostata lungo una superficie di faglia. Questa ipotesi è supportata soprattutto dalle evidenze di analisi lineamentare condotta tramite modello DTM-Lidar, mediante il quale è emerso che tale scarpata è parte di un lineamento piuttosto continuo..

Il settore antistante l'imbocco è invece un antico terrazzo fluviale, delimitato verso valle da una scarpata alta una quindicina di metri. Lo spessore dei depositi azllkuvionali sulla superficie del terrazzo è stato stimato intorno ai 2 metri.

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 11 di 26 |



Figura 8 – Imbocco lato Napoli della Galleria Rocchetta (GA06)

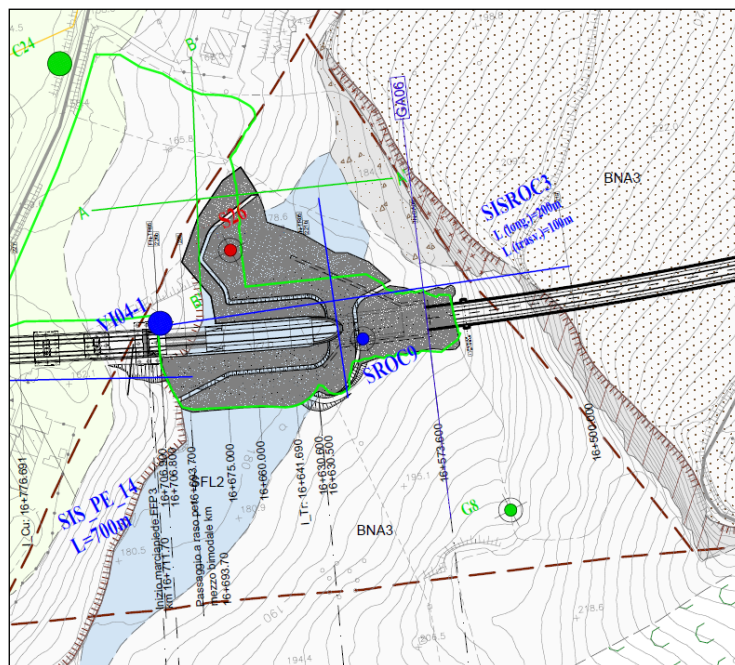


Figura 9 – Stralcio non in scala della carta geomorfologica dell’imbocco lato Napoli della Galleria Rocchetta (codice IF2801EZZN6GE0103012B)

Oltre al lineamento che definisce la precedente scarpata posta a monte dell’imbocco, sulla base del rilievo Lidar si individuano nella regione anche altri lineamenti, che perlopiù hanno direzioni prevalenti concordi con i sistemi di faglia a scala regionale; alcuni di essi sono stati quindi interpretati come faglie ad alto angolo, la cui interferenza con le opere è descritta in dettaglio nella relazione geologica (codice IF2801EZZRGGE01101001B).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-------------------|-----------|-----------------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|-------------|-----------|----------------|-------------------|-----------|-----------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0300 002</td> <td style="text-align: center;">Bb</td> <td style="text-align: center;">12 di 26</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 12 di 26 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 12 di 26 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

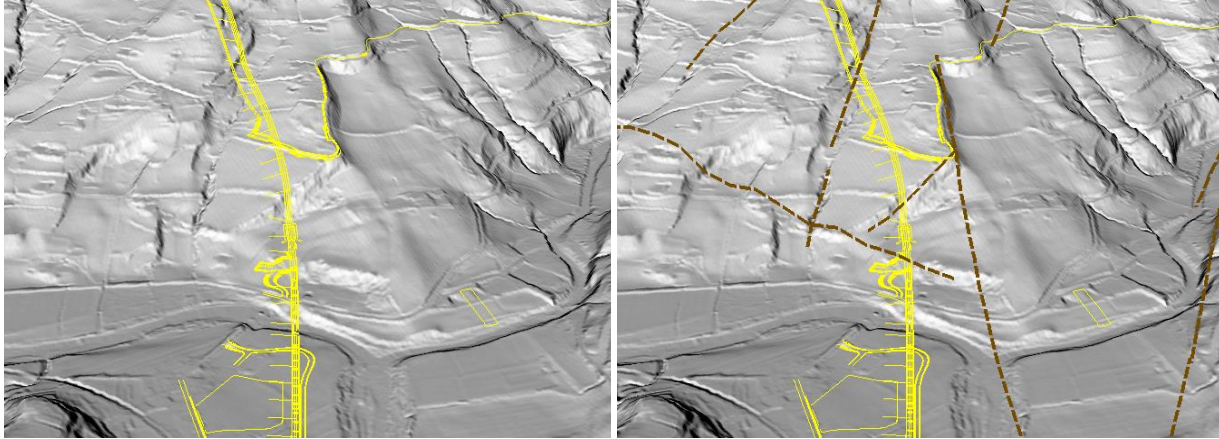


Figura 10 - Individuazione dei lineamenti (linee marroni) nella zona dell'imbocco della galleria Rocchetta lato Napoli. Base: hillshade da DTM LiDAR.

Interferenze elementi geomorfologici / opera:

I rilievi geomorfologici hanno evidenziato che l'assetto geomorfologico della zona di imbocco non presenta evidenze di significativi processi di modellamento geomorfologico in atto. Pertanto la zona di imbocco è da ritenersi stabile ed esente da criticità di natura geomorfologica nell'immediato intorno.

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 13 di 26 |

3 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA

Nella Tabella 1 seguente vengono sintetizzate le principali caratteristiche dell TBM utilizzata per lo scavo della galleria Rocchetta.

| Elemento | Specifica |
|---|---------------------|
| <i>Diametro scavo</i> | 12.200 mm |
| <i>Extra scavo</i> | 50 mm |
| <i>Front shield / Cutterhead</i> | 25 mm |
| <i>Conicità scudo</i> | 45 mm |
| <i>Spinta massima per avanzamento</i> | 170 MN |
| <i>Pressione massima al fronte (media)</i> | 6,0 bar |
| <i>Possibilità di eseguire perforazioni geognostiche al contorno dello scudo ed al fronte, da impiegare anche per iniezioni</i> | DN125 mm, L=20-50 m |

Tabella 1 – Galleria Rocchetta – Principali caratteristiche della macchina

Si noti la presenza di un valore di conicità coda scudo – testa TBM pari a 70 mm, di cui 25 mm quale salto tra lo scudo e la testa fresante. Tale aspetto è molto importante per gestire le pressioni sullo scudo che possono insorgere nei contesti più spingenti.

Allo scopo di gestire efficacemente passaggi potenzialmente critici lungo il tracciato, la macchina sarà dotata dei seguenti dispositivi:

- sistema di perforazione per la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento rispetto al fronte (DN125 mm), fino a lunghezze di 50 m;
- 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; diametro DN125 mm, di lunghezza fino a 20 m;
- celle di pressione sullo scudo per rilevazione stato tensionale indotto da rilasci tensionali dell'ammasso;
- sistema di controllo del vuoto anulare tra estradosso dello scudo e profilo di scavo;
- possibilità di iniettare agenti lubrificanti dall'interno dello scudo all'interfaccia tra questo ed il terreno.

| | | | | | | |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 14 di 26 |

4 ASPETTI SPECIFICI DELLA TECNICA DI SCAVO MECCANIZZATO PER LE CONDIZIONI IN OGGETTO E RISPETTIVE CRITICITÀ

4.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Per la realizzazione della tratta in naturale della galleria il Progetto Definitivo ha previsto l'adozione dello scavo meccanizzato, diversamente da quanto indicato nel Progetto Preliminare, che prevedeva scavo in tradizionale con avanzamenti a piena sezione. Nel Progetto Preliminare, che si sviluppava da Apice fino ad Orsara, il metodo di scavo delle gallerie era stato individuato anche in relazione ai lunghi tempi di realizzazione previsti per la costruzione della galleria di valico, denominata Galleria Irpinia, di lunghezza pari a circa 24 km. In tale ambito lo scavo in tradizionale della Galleria Rocchetta, di lunghezza pari a circa 6,5 km non avrebbe comportato elementi critici nel bilancio complessivo dei tempi previsti per il completamento della intera linea. Con la suddivisione del tracciato nei due lotti Apice - Hirpinia e Hirpinia - Orsara, la Galleria Rocchetta è l'opera in sotterraneo di maggiore estensione nel I lotto funzionale; di conseguenza i tempi di costruzione di tale galleria assumono rilevanza fondamentale per l'opera ferroviaria. Il metodo di scavo meccanizzato consente di realizzare maggiori produzioni, rispetto a quanto conseguibile con lo scavo tradizionale, consentendo il completamento della galleria di linea in tempi confrontabili con quelli previsti per le due gallerie Melito e Grottaminarda, realizzate in tradizionale. Inoltre, l'adozione della tecnologia dello scavo meccanizzato con fresa Tunnel Boring Machine (TBM) con la possibilità di applicare una pressione al fronte, consente il superamento di condizioni complesse dal punto di vista geologico e geomorfologico, presenti nelle tratte iniziali a partire dai due imbocchi, limitando sensibilmente i risentimenti indotti al contorno dalla realizzazione dell'opera in sotterraneo.

Il Progetto Esecutivo conferma la soluzione tecnica-tecnologica identificata nel Progetto Definitivo. Per la realizzazione della galleria naturale di "Rocchetta" è previsto l'impiego di una TBM scudata (Tunnel Boring Machine). La tecnologia di scavo individuata è quella dell'EPB (Earth Pressure Balance) a pressione di terra bilanciata. La TBM esercita una pressione continua attiva al fronte di scavo e con applicazione di un rivestimento impermeabile in anelli di calcestruzzo armato realizzati in conci prefabbricati.

Procedendo dall'imbocco lato Napoli la galleria attraversa, sotto falda, sabbie ed arenarie appartenenti alla sabbie/arenarie dell'Unità BNA3: lo scavo con una TBM con fronte in pressione permette di bilanciare la pressione dell'acqua sul fronte di scavo, impedendo l'innescio di moti di filtrazione verso la galleria durante l'avanzamento. Sulla base delle calcolazioni condotte si stimano pressioni medie in camera di scavo nell'ordine dei 4.0-4.5 bar (spinte macchina associate, in condizione di avanzamento ordinario, nell'ordine dei 70 MN). Nello scenario previsionale di passaggio in fascia tettonizzata (pk 16+075) si stimano pressioni in camera fino a 5.5 bar e spinte associate in condizioni dinamiche pari a 130 MN (condizioni eccezionali di ripartenza, attrito statico – 150/160 MN).

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. Nel tratto in prossimità dell'imbocco lato Bari, sono presenti aree interessate da movimenti gravitativi di superficie, definiti quiescenti, non interferiti dalla galleria di linea, che nel tratto in oggetto presenta coperture dell'ordine di 50 ÷ 70 m. In tale tratta la galleria attraversa le argille marnose dell'Unità BNA2. In questo contesto l'avanzamento con scavo meccanizzato con fronte in pressione consente di limitare l'evoluzione dei fenomeni deformativi al contorno dell'area di scavo, nelle zone di sottoattraversamento delle aree suddette, sia pure ad alte e medie coperture.

Nel settore centrale della galleria, da scavarsi nelle argille marnose dell'unità BNA2, lo scavo potrà avanzare in modalità semi-open stanti le condizioni geomeccaniche dell'ammasso che, alle maggiori coperture, sulla base delle informazioni a disposizione, acquista un carattere prettamente litoide.

La macchina sarà attrezzata per eseguire sia eventuali fori di prospezione in avanzamento, sia per effettuare eventuali drenaggi ed iniezioni di consolidamento dei terreni, per il superamento di eventuali zone con caratteristiche meccaniche scadenti, mediante fori predisposti sia sulla testa fresante, sia sul contorno superiore del mantello.

| | | | | | | |
|--|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 15 di 26 |

Considerata la possibilità di manifestazioni gassose per le formazioni oggetto di scavo, la macchina sarà, inoltre, essere adeguatamente attrezzata (dispositivi di ventilazione, sensoristica rilievo gas distribuita lungo la macchina).

Allo scopo di gestire efficacemente le criticità sopra menzionate, la macchina sarà dotata di dischi periferici estendibili sulla testa fresante e celle di pressione sullo scudo (estradosso) per rilevazione stato tensionale indotto da rilasci ammasso.

4.2 MODALITÀ DI AVANZAMENTO

La macchina sarà attrezzata pr avanzare in modalità aperta (quindi con camera di scavo parzialmente o completamente vuota e assenza di pressione al fronte. Scudo e testa fresante possono comunque fornire un sostegno all'ammasso) o chiusa (dove 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 11), a seconda delle caratteristiche dell'ammasso intercettato.

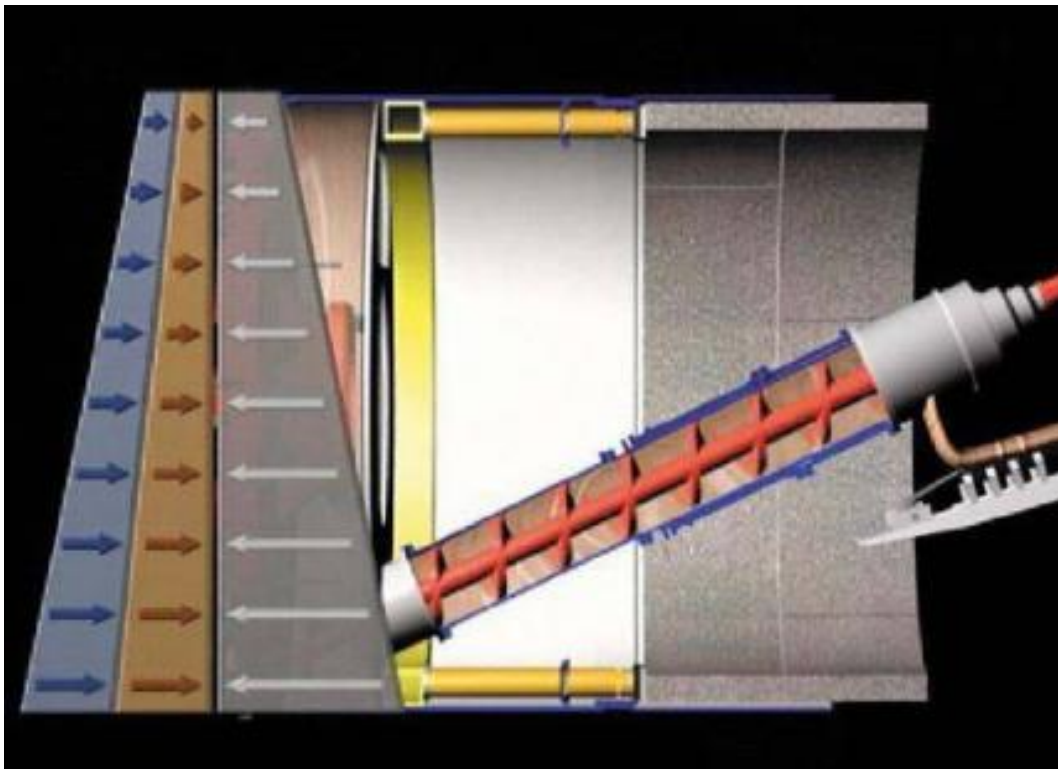


Figura 11 – TBM-EPB – Schema funzionamento in modalità chiusa: la pressione di bilanciamento in camera di scavo (in grigio) consente di contrastare le pressioni dell'ammasso al fronte (marrone) e della spinta idrostatica (azzurro)

In particolare lo scavo verrà sicuramente affrontato in **modalità chiusa** nell'attraversamento delle tratte a bassa-media copertura in corrispondenza dei tratti iniziali della galleria in prossimità degli imbocchi, che ricadono nelle formazioni BNA3 (lato Napoli) e BNA1b e BNA2 (lato Palermo).

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 conci/parete di scavo, mediante iniezione di miscela di backfilling e/o pea-gravel da effettuarsi con pressioni adeguate, sempre leggermente superiori rispetto alla pressione mantenuta in camera di scavo (circa 0,5÷1,0 bar), così da evitare il rifluimento di materiale condizionato e schiuma verso la coda dello scudo.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|------------|--------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 16 di 26 |

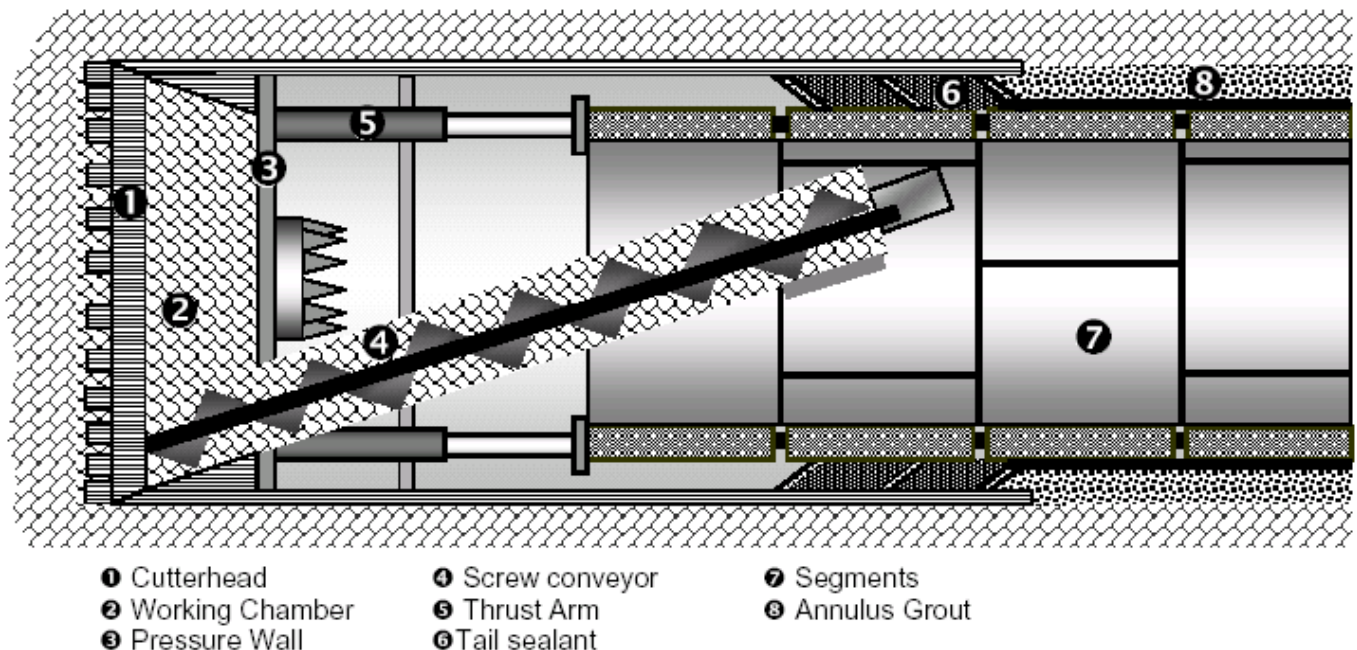
L'avanzamento in **modalità semi-aperta** potrà invece essere applicato per i tratti in cui lo scavo interessa la formazione BNA2 (formazione della Baronia, membro pelitico arenaceo del fiume Misciano) presenti su gran parte del tracciato, specie tra pk 12+075 circa e pk 15+750 circa, caratterizzate da un comportamento tipico delle rocce tenere, con fronte di tipo B, stabile a breve termine. La fresa potrà quindi avanzare senza applicare la contropressione al fronte, con camera di scavo solo parzialmente riempita.

Il riempimento a tergo dei conci verrà effettuato in questo caso con l'applicazione di un sistema misto, costituito da malta cementizia o bicomponente in arco rovescio, iniettata direttamente dalla coda dello scudo, e ghiaietto (pea gravel) in calotta, pompata attraverso idonei inserti passanti predisposti nei conci del rivestimento definitivo.

4.3 PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO

La TBM adottata per lo scavo della galleria Rocchetta 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 smaltimento, 5 = martinetti di spinta, 6 = sigillante di coda, 7 = rivestimento in conci prefabbricati, 8 = iniezioni di intasamento a tergo dei conci del rivestimento.

Figura 12 – Schema di uno scudo chiuso a contropressione di terra (Earth Pressure Balance Machines: EPBMs)

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 17 di 26 |

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.

Per la determinazione della pressione in camera di scavo occorre tenere presente che il confinamento del fronte deve non solo fornire stabilità al fronte stesso, ma anche controllare il comportamento deformativo dell'ammasso mantenendolo il più possibile in condizioni elastiche, così da evitare plasticizzazioni che si traducono in pressioni sulla TBM. Alla pressione necessaria per controllare il comportamento tenso-deformativo dell'ammasso deve essere poi sommata la componente di controbilanciamento delle pressioni idrostatiche laddove si voglia evitare l'innescò di significativi fenomeni di filtrazione.

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 evidenziano la possibilità di scavare in modalità "semi-open", laddove lo scavo interessa la formazione BNA2 caratterizzate da un comportamento tipico delle rocce tenere, con fronte di tipo B, stabile a breve termine (tra pk 12+075 circa e pk 15+750 circa – Ulteriori tratti potranno essere definiti in corso d'opera, come indicato nei profili geomeccanici). Per la restante parte di galleria sarà invece necessario avanzare in modalità "closed", con il mantenimento di pressioni di terra in camera di scavo allo scopo di contenere i fenomeni di plasticizzazione dell'ammasso a livello del nucleo-fronte, ai quali aggiungere una quota parte di pressione per contrastare i battenti idraulici.

L'avanzamento della macchina avviene per mezzo di appositi martinetti di spinta ([5] in Figura 12) che, 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:

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

Le spinte di calcolo, nelle condizioni di avanzamento più gravose e/o nelle condizioni di ripartenza dopo fermo macchina, a seguito della mobilitazione di effetti viscosi nell'ammasso, si stima una richiesta di spinta nell'ordine dei **150/160 MN** (valore di calcolo)

Da segnalare che il valore della extraspinta consente di coprire eventuali passaggi in contesti geomeccanici caratterizzati da stati tensionali orizzontali superiori alle previsioni di cui alla presente trattazione.

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 0,5÷1,0 bar), così da evitare il rifluimento di materiale condizionato e schiuma verso la coda dello scudo.

4.4 CARATTERISTICHE DELLA TESTA DI SCAVO

La fresa TBM sarà dotata di testa di scavo appositamente progettata per l'avanzamento nelle condizioni distinte presenti lungo il tracciato, in particolare nei due contesti inquadrabili come estremi entro le quali si svilupperanno tutte le condizioni di lavoro previste ovvero:

- fronti costituiti da materiale sabbioso nei passaggi entro la facies BNA3 della formazione della Baronia

| | | | | | | |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 18 di 26 |

- fronti caratterizzati da una certa continuità rispetto alla scala del fronte stesso e dotati di caratteristiche meccaniche medio-elevate (facies litofacies marnosa BNA2 della formazione della Baronia)

Il grado di dettaglio con il quale è stato elaborato il profilo geologico di previsione del Progetto Esecutivo, consentito dall'ampia disponibilità di indagini dirette e indirette effettuate nel settore in disamina, consente di individuare, con elevato margine di affidabilità, la posizione e l'estensione dei settori nei quali si attendono determinate condizioni fisico meccaniche del fronte e, pertanto, di pianificare i fermi macchina necessari al ricondizionamento della testa di scavo per ottenere una configurazione degli utensili quanto più idonea all'ammasso da scavare.

La testa sarà concepita, pertanto, per consentire una rapida sostituzione degli utensili con possibilità di variarne la tipologia (disc cutters/rippers) La coclea di estrazione sarà altresì concepita per mitigare possibili effetti abrasivi / danneggiamenti per la presenza di materiale abrasivo nel muck.

Sono previste linee di iniezione aggiuntive direttamente sulla testa per il condizionamento del materiale al fronte e l'efficace gestione dei processi di scavo laddove si attende l'attraversamento di passaggi argillosi con associato rischio clogging. Il settore centrale della testa sarà, per tale ragione, concepito con rapporto di apertura sensibilmente maggiorato alle usuali applicazioni EPB per evitare l'accumulo di materiale fine a rischio clogging; le aperture, come detto, saranno equipaggiate con grizzly bars per la contestuale gestione del rischio associato all'ingresso di eventuale materiale a consistenza litoide di dimensioni non compatibili con l'estrazione attraverso coclea dalla camera verso i nastri.

4.5 CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI

Nell'ambito della Baronia si evidenzia la presenza di terreni caratterizzati da potenziale clogging alto / medio alto. Dovrà pertanto prevedersi additivazione polimerica ad hoc per la mitigazione del rischio clogging, congiuntamente all'iniezione degli ordinari agenti schiumogeni in camera di scavo.

4.6 OPERAZIONI DI MANUTENZIONE

Le operazioni di manutenzione rappresentano sicuramente un aspetto di criticità dello scavo con TBM, richiedendo l'ingresso delle maestranze all'interno della camera di scavo in presenza di un fronte che, per quanto parzialmente coperto dalla testa fresante della TBM, inevitabilmente risulta solo parzialmente compatibile con le procedure di sicurezza abitualmente applicate nel corso degli scavi con metodo tradizionale (disgaggio ed esecuzione di tampone di spritz beton al fronte).

A tal proposito, nei tratti in cui è previsto l'avanzamento con modalità chiusa, le operazioni di manutenzione, riparazione e ispezione nella camera di scavo dovranno avvenire esclusivamente in modalità iperbarica svuotando parzialmente la camera di scavo nella parte alta, creando al fronte una membrana di protezione con bentonite, per contenere le instabilità e le venute d'acqua, e garantendo comunque la contropressione al fronte con l'ausilio di aria compressa.

Per i tratti in cui lo scavo viene affrontato in modalità semi-aperta gli ingressi in camera di scavo potranno invece avvenire in condizioni normobariche, a condizione che le condizioni di stabilità globale del fronte vengano garantite per l'intera durata del fermo e che vi sia una continua verifica da parte di un preposto dell'Impresa dell'assenza di qualsiasi segnale di instabilità locale, in presenza del quale dovranno essere interrotte le lavorazioni e predisposte le necessarie azioni in conformità con le procedure di sicurezza vigenti.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------------------|-----------|-----------------|--|----------|-------|----------|-----------|------|--------|-------------|-----------|----------------|-------------------|-----------|-----------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GN0300 002</td> <td style="text-align: center;">Bb</td> <td style="text-align: center;">19 di 26</td> </tr> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 19 di 26 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | | | | | | |
| IF28 | 01 | E ZZ RH | GN0300 002 | Bb | 19 di 26 | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 20 di 26 |

5 ANALISI DEI RISCHI

5.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Nel presente paragrafo si individuano i principali elementi legati alla gestione delle maggiori criticità riscontrabili nel corso dello scavo della galleria Rocchetta, ai quali sono correlate possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio:

Possibile presenza di gas

Come anticipato la galleria Rocchetta presenta il rischio che nel corso degli scavi si sviluppino manifestazioni gassose (la galleria è infatti collocata in classe di rischio gas 1b secondo la classificazione introdotta dalla Nota Interregionale NIR 28: “*gallerie/tratti per le quali l’analisi geologica strutturale porta a ipotizzare come possibili gli afflussi di grisù ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio. L’indice di classifica viene assegnato anche in assenza di elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi specialistici mirati alla ricerca del gas) comunque effettuate in fase di progetto e dalla porzione d’opera già realizzata*”).

Come detto la TBM, oltre a essere conforme alla direttiva macchine EN 16191, sarà equipaggiata con sistemi per poter gestire, attraverso il sistema di monitoraggio, il rischio potenziale di concentrazioni di gas.

Al riguardo la TBM sarà attrezzata con sistemi di monitoraggio che consentiranno di valutare l’intercettazione di eventuali depositi grisutosi: sensori saranno disposti in corrispondenza della testa TBM e del sistema di allontanamento dello smarino mediante coclea e nastro, così da segnalare eventuali concentrazioni di gas ed attivare procedure di sicurezza. Trattandosi di una classe di rischio 1B non sono invece previsti, così come già definito anche in sede di Progetto Definitivo, specifici apprestamenti di compartimentazione e ventilazione supplementare.

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. Le informazioni raccolte durante lo svolgimento dei lavori consentiranno, nell’ambito del Progetto Esecutivo di dettaglio, di valutare eventuali nuovi scenari al momento non prevedibili e di definire compiutamente gli eventuali interventi di presidio integrativi, sia nel breve che nel lungo termine.

Instabilità del fronte e del cavo della galleria

Il contesto geologico-ceomeccanico di scavo evidenzia la presenza 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.

Comportamento rigonfiante

L’analisi dei risultati delle prove di laboratorio, con particolare riferimento al contenuto naturale d’acqua dei provini prelevati nella facies marnosa BNA2, alle profondità di interesse progettuale (contenuto nell’ordine del 5%), supporta l’ipotesi progettuale adottata nel merito del comportamento rigonfiante ovvero il carattere trascurabile di tale fenomeno in fase di scavo e nel corso della vita utile delle opere in argomento.

Ad ogni modo la macchina è stata studiata per affrontare anche passaggi in contesti di questo genere, per quanto non contemplati nell’attuale scenario di previsione, evitando rischi di intrappolamento. In particolare la TBM presenta una geometria troncoconica e una lunghezza tale da ridurre l’attrito con il terreno. mantello, inoltre, è

| | | | | | | |
|---|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 21 di 26 |

dotato di fori per l'eventuale iniezione di liquidi lubrificanti (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 extrascavo addizionale per il passaggio dei settori più critici (con estensione sino a 50 mm radiali).

Interferenza con corpi di frana

Nei tratti di sottoattraversamento della zona con presenza di depositi franosi ed aree ad instabilità diffusa, le coperture della galleria risultano elevate, pertanto lo scavo della galleria non interferisce con le coltri in frana. Ad ogni modo, l'avanzamento con fronte in pressione consentirà di limitare le ripercussioni dello scavo sull'ammasso al contorno e di conseguenza i risentimenti in superficie.

Venute d'acqua in galleria ed interferenza con le sorgenti

Procedendo dall'imbocco lato Napoli la galleria attraversa, sotto falda, sabbie ed arenarie appartenenti alla formazione BNA3: lo scavo con una TBM con fronte in pressione permette di bilanciare la pressione dell'acqua sul fronte di scavo, impedendo l'innesco di 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. Laddove i battenti idraulici risultano molto elevati è stato predisposto un backfilling drenante, così da limitare le pressioni idrostatiche sul sistema di rivestimento.

Interferenza con opere preesistenti

Anche in questo caso 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 edifici e preesistenze in superficie.

5.2 REGISTRO DEI RISCHI E CONTROMISURE ADOTTATE

5.2.1 Valutazione dei rischi

Il particolare contesto geologico e strutturale attraversato, descritto nel paragrafo precedente, mette in luce la necessità di misure volte alla mitigazione dei rischi di seguito riportati

1. La presenza di settori ad elevata permeabilità (facies arenaceo-sabbiosa della Baronia BNA3) con importanti battenti idrici (sino a 60/70 m) - il rischio è connesso alla possibilità di improvvise venute d'acqua interessanti il fronte di scavo con incremento delle pressioni in camera di scavo;
2. La presenza di tratte ad elevate coperture, in concomitanza di condizioni geomeccaniche di ammasso scadenti (fasce tettonizzate nella facies pelitico-marnosa della Baronia BNA2), determina il rischio di mobilitazione di effetti spingenti dell'ammasso sullo scudo (rapida e significativa convergenza del cavo sullo scudo)
3. Il comportamento coesivo della matrice pelitica nella facies marnosa della Baronia potrebbe presentare fenomeni di clogging con conseguenti difficoltà nell'avanzamento;

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 22 di 26 |

4. La presenza di settori complessi sia dal punto di vista stratigrafico che dal punto di vista tettonico spesso caratterizzati dalla presenza di faglie che mettono in contatto diverse litofacies comporta il rischio di:
- A. improvvise venute d'acqua interessanti il fronte di scavo con incremento delle pressione in camera di scavo;
 - B. Variazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali attraversati in corrispondenza delle discontinuità

5.3 DESCRIZIONE DELLE CONTROMISURE

5.3.1 Dotazioni macchina

Come anticipato in premessa, l'utilizzo di Tunnel Boring Machine in questo contesto, consente di ridurre in maniera significativa il detensionamento dell'ammasso al contorno dello scavo, sia per via della contropressione esercitata al fronte di scavo che per effetto dell'immediata posa in opera del rivestimento definitivo in anelli di conci prefabbricati e contestuale riempimento del vuoto anulare tra estradosso del rivestimento e sagoma di scavo mediante miscela bicomponente a rapido indurimento, pertanto, rappresenta, proprio per le caratteristiche intrinseche delle modalità operative, la prima contromisura adottata. Inoltre, si provvederà a dotare la TBM di caratteristiche ed equipaggiamenti dedicati al particolare scenario evidenziato che, in sinergia ad una serie di procedure operative, mitigheranno i rischi esposti. Nella fattispecie:

1. Relativamente alle problematiche potenziali durante lo scavo nella formazione BNA2
 - a. La testa fresante avrà apertura tale da impedire fenomeni di clogging che ne influenzerebbero negativamente le performances. Inoltre, un sistema ad alta pressione sarà implementato in camera di scavo in modo da permettere, in caso di necessità, il lavaggio con acqua in pressione delle zone più vulnerabili della testa fresante e dei suoi utensili di scavo. Il getto ad alta pressione permetterà, inoltre, la disgregazione dei materiali più teneri sul fronte di scavo impedendo che la matrice pelitica possa aderire alla superficie della testa.
 - b. la natura spingente dei materiali attraversati in determinate condizioni di copertura (e quindi di carico litostatico) e qualità geomeccanica, individua la possibilità di stati tensionali eccezionali sullo scudo con conseguente blocco dell'avanzamento:
 - I. durante le fasi di progettazione della TBM è stata prestata particolare attenzione a questo rischio. La forza di spinta calcolata per scenari ordinari è stata opportunamente incrementata per portare in conto l'eventualità di uno scenario di blocco macchina.
 - II. la testa e gli scudi hanno un diametro decrescente nella direzione opposta a quella di scavo in modo tale che, eventuali fenomeni deformativi del cavo abbiano meno probabilità di interessare la superficie degli scudi e che, in caso contrario, dato il detensionamento del materiale al contorno, il confinamento indotto dalle pressioni circonferenziali siano di minore entità. La forma tronco-conica dello scudo comporta, quindi, minori sollecitazioni sulle strutture dello stesso con conseguente riduzione delle forze di spinta necessarie all'avanzamento della fresa.
 - III. la testa fresante è dotata di due utensili, attivabili in caso di necessità, con i quali è possibile incrementare ulteriormente il sovrascavo della testa fresante rispetto al diametro degli scudi.
 - IV. gli scudi sono dotati di penetrazioni laterali dalle quali, qualora necessario, sarà possibile lubrificare la superficie esterna degli stessi ed in corrispondenza dello scudo anteriore sarà implementato il Void Detection System grazie al quale sarà possibile valutare l'insorgenza di fenomeni deformativi mediante la misura sistematica del profilo del terreno. Infine, in caso di fermi programmati e prolungati della TBM saranno implementate procedure volte a disciplinarne le modalità operative.

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 23 di 26 |

2. Data la presenza di setori complessi sia dal punto di vista stratigrafico che dal punto di vista tettonico spesso caratterizzati dalla presenza di faglie, si è proceduto a:
 - a. Dotare la TBM di pompe di aggotamento in corrispondenza della coclea in modo da gestire improvvise venute d'acqua dal fronte di scavo. Il cuscineto della TBM sarà dotato di un sistema a pressione compensata delle guarnizioni di tenuta finalizzato a contrastare pressioni inaspettate in camera di scavo.
 - b. Le variazioni litologiche saranno investigate mediante:
 - I. l'installazione di un sistema di indagine non invasiva appositamente sviluppato per la realizzazione di opere in sotterraneo (BEAM System).
 - II. L'installazione di una perforatrice che, in caso di anomalie, permetterà di investigare in modo diretto il materiale in avanzamento per una lunghezza di 50 m.

5.3.2 Procedure operative

1. Le attività di avanzamento formazione saranno gestite secondo quanto segue:
 - a. L'attivazione delle linee di alta pressione sarà disciplinata da una procedura operativa che, a partire dall'analisi dei dati progettuali e dei parametri macchina (coppia, forza di spinta), fornirà i valori in corrispondenza dei quali, presumibilmente, ci si aspetta l'insorgere clogging. Tale procedura disciplinerà l'opportuna variazione dei parametri di condizionamento al fronte con l'eventuale aggiunta di additivi anti-clogging e/o incremento delle quantità di acqua libera.
 - b. Gli apprestamenti macchina, previsti nel paragrafo precedente di pari argomento, saranno attivati secondo quanto descritto nelle procedure operative di scavo. L'analisi dei parametri di scavo sarà condotta in modo sistematico in modo da fornire gli elementi necessari a comprendere l'incipiente scenario di blocco procedendo quindi ad un incremento del sovrascavo, alla lubrificazione dello scudo o semplicemente ad evitare fermi programmati prolungati. In ogni caso, manutenzioni e/o guasti che comportino fermi più o meno lunghi, saranno descritti in apposita procedura operativa volta a scongiurare rischi di blocco macchina.
2. L'avanzamento in setori complessi con presenza di faglie sarà disciplinato secondo quanto segue:
 - a. Le procedure operative di avanzamento contempleranno un sistematico monitoraggio della pressione in camera di scavo, per l'usuale controllo di conformità ai parametri progettuali e per monitorare eventuali anomalie legate ad improvvisi ed inattesi flussi idrici. Eventuali problematiche attiveranno, nelle modalità e nei tempi descritti, gli equipaggiamenti presenti in macchina allo scopo.
 - b. Le modalità di investigazione del fronte di avanzamento in caso di attese variazioni litologiche saranno disciplinate in apposita procedura operativa che contemplerà:
 - I. Sistematica indagine non invasiva mediante sistema BEAM attraverso il quale sarà possibile una permanente e costante esplorazione delle condizioni presenti in avanzamento rispetto al fronte di scavo, per una estensione di circa 3 volte il diametro della galleria. L'acquisizione dei dati e la loro interpretazione sarà condotta in automatico e i risultati della previsione saranno disponibili in tempo reale permettendo rapide decisioni in sito durante l'avanzamento dello scavo.
 - II. La procedura, di cui al punto precedente, conterrà i criteri in base ai quali, eventuali anomalie riscontrate dall'analisi dei risultati del sistema BEAM, saranno investigate mediante perforazioni che avranno luogo da predisposizioni presenti sullo scudo e mediante perforatrice posizionata sull'eretore della TBM.

| | | | | | | | |
|---|--|--|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | | ITINERARIO NAPOLI – BARI | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 24 di 26 |

6 CANTIERIZZAZIONE PER LO SCAVO MECCANIZZATO

L'adozione di una tecnologia di scavo in meccanizzato impone la predisposizione in corrispondenza dei due imbocchi della galleria di particolari strutture provvisionali destinate da un lato al montaggio e alla partenza della TBM e dall'altro alla sua uscita dalla galleria naturale e alle operazioni di smontaggio.

In corrispondenza di entrambi gli imbocchi si provvederà quindi alla realizzazione di apposite selle in c.a., opportunamente sagomate per consentire l'alloggiamento della TBM e dotate di binari annegati nel getto, lungo le quali verrà effettuata la traslazione della macchina all'aperto, in approccio/uscita agli scavi.

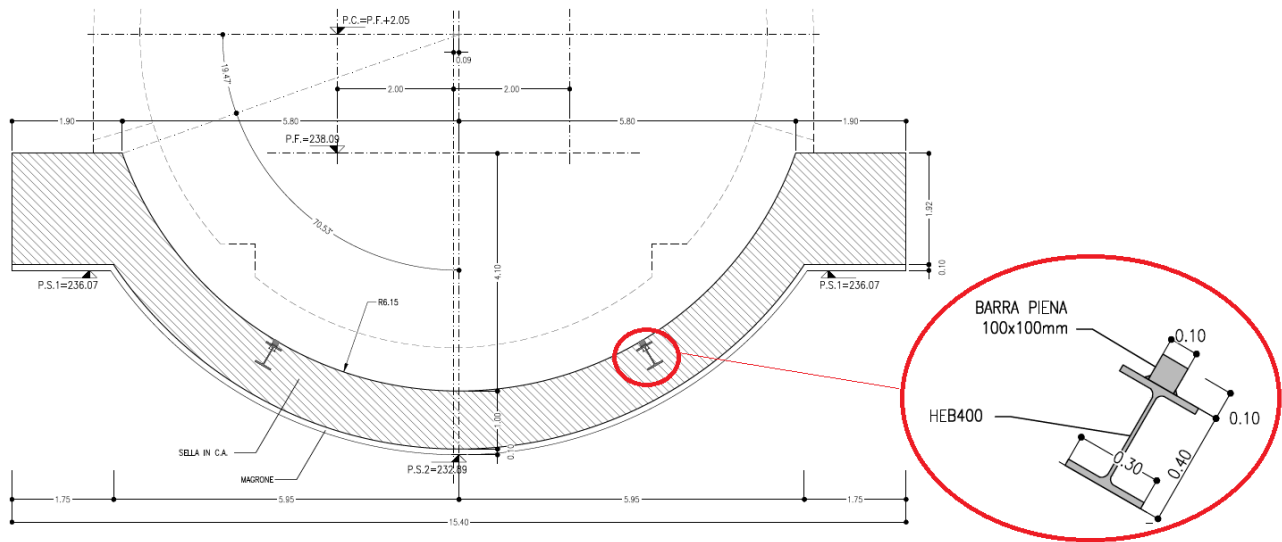


Figura 13 – Selle per traslazione TBM – Sezione e particolare binario

In particolare all'imbocco lato Napoli la sella avrà un'estensione longitudinale di circa 39m e fungerà anche da piano di posa della macchina in fase di montaggio (i carri del back-up verranno invece montati sul piazzale retrostante, vedi Figura 15, non necessitando di correre lungo una superficie curva).

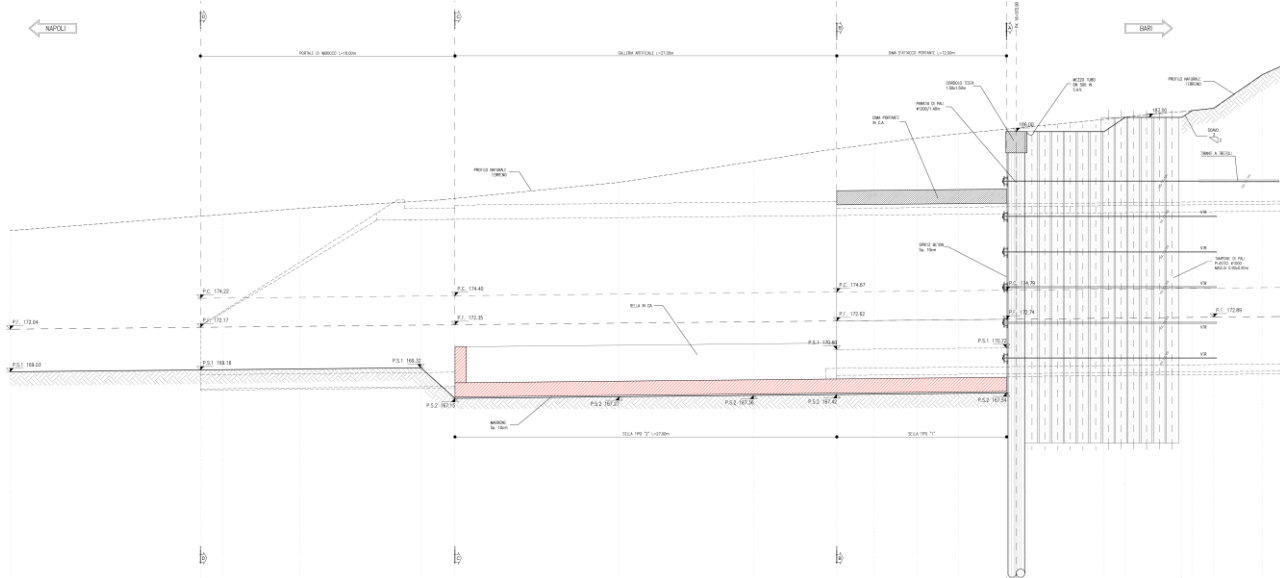


Figura 14 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Napoli – Profilo longitudinale

| | | | | | | |
|--|---|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A. | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 25 di 26 |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | | | | | | |

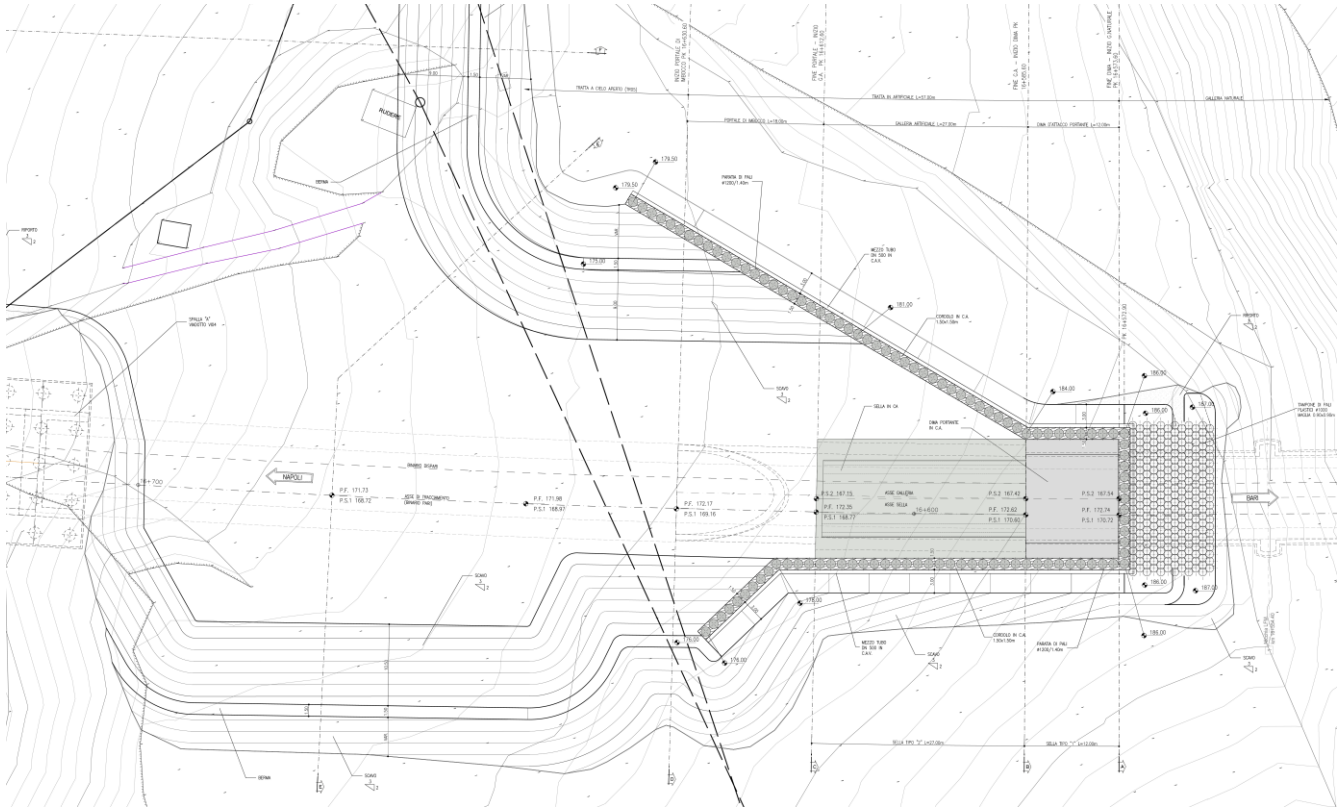


Figura 15 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Napoli – Planimetria

In corrispondenza dell’imbocco lato Napoli verrà montato un telaio metallico provvisorio che fornirà il contrasto necessario per la movimentazione della TBM lungo la sella.

Lo stesso schema verrà riproposto anche all’imbocco lato Bari, con una sella in c.a. di lunghezza pari a circa 44m, che consentirà lo scorrimento della TBM ed il suo montaggio.

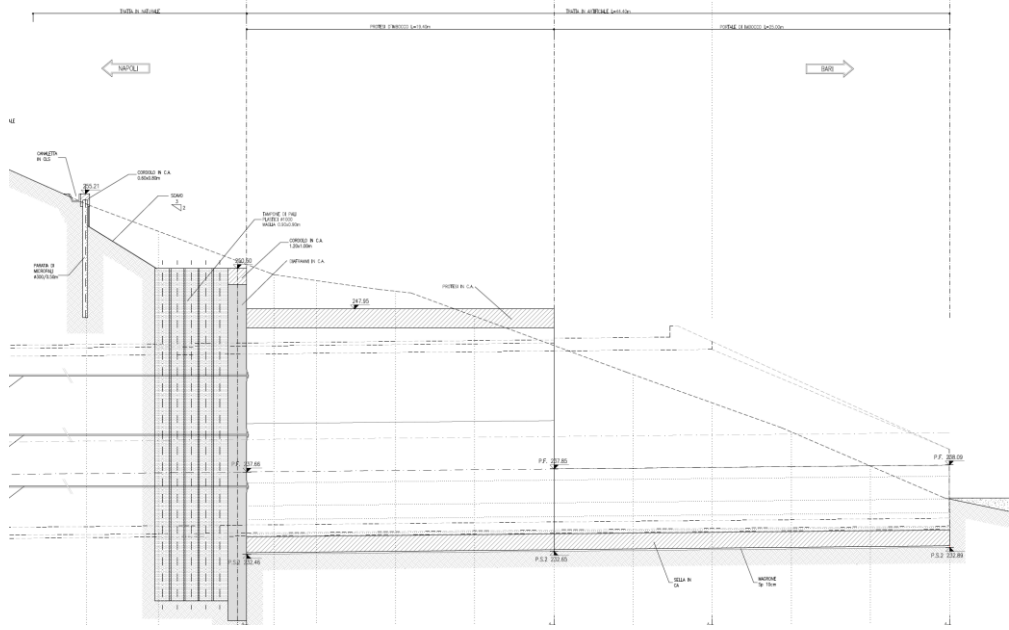


Figura 16 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Bari – Profilo

| | | | | | | |
|---|---|--------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------------|
| APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A. | | | | | | |
| PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato. | COMMESSA IF28 | LOTTO 01 | CODIFICA E ZZ RH | DOCUMENTO GN0300 002 | REV. Bb | FOGLIO 26 di 26 |

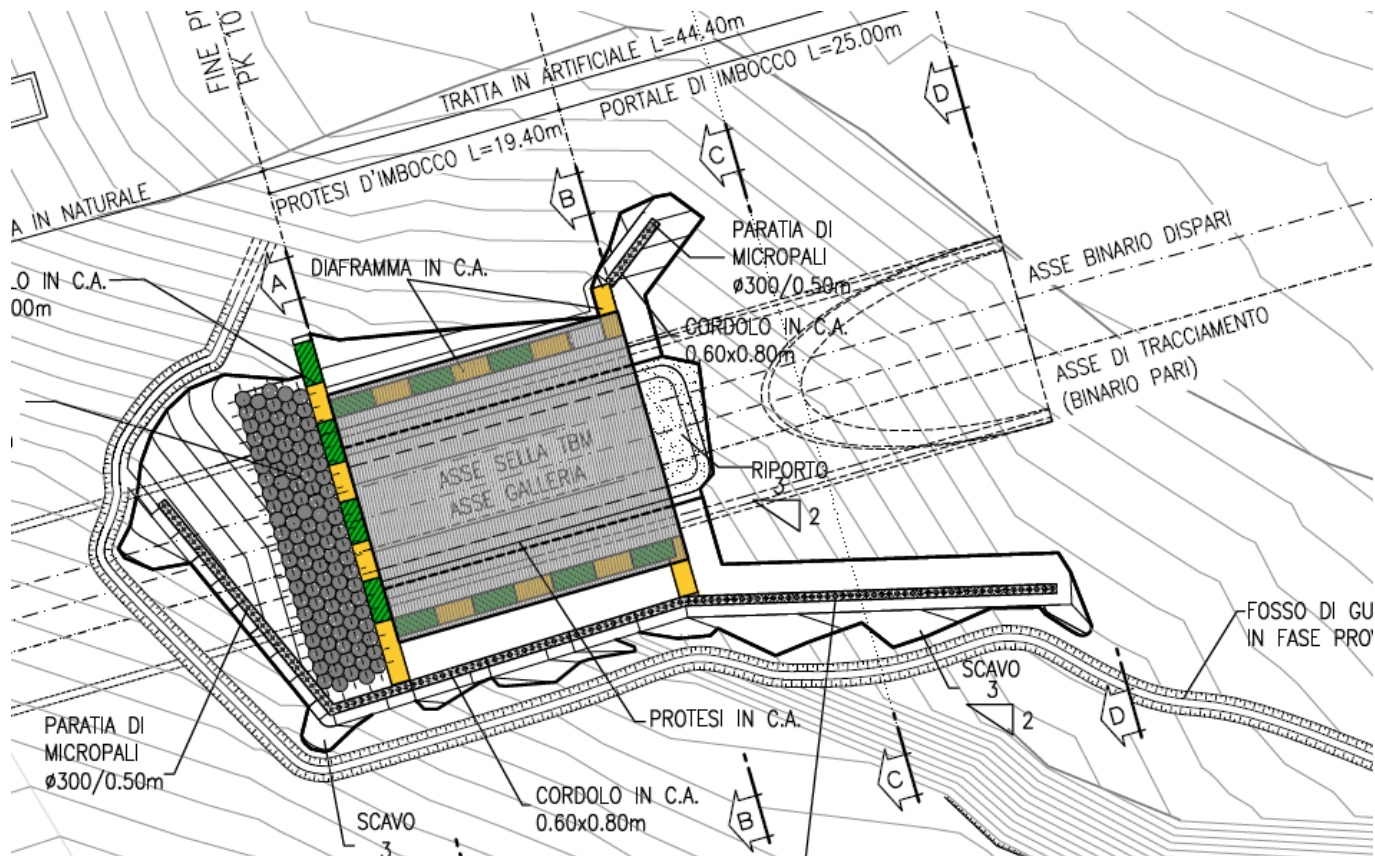


Figura 17 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Bari – Planimetria

Per aspetti di dettaglio circa l'organizzazione del Cantiere TBM si rimanda alla relazione sulla cantierizzazione.