

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

GN01 - GALLERIA NATURALE Grottaminarda DA KM 2+705 A KM 4+695
ELABORATI GENERALI

Relazione Scavo Meccanizzato

APPALTATORE Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	PROGETTISTA Ing. _____
--	---	-------------------------------

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	RH	GN0100	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 10/06/2020
B	Revisione per istruttoria	G.Lodigiani	10/06/2020	B. Spigarelli	10/06/2020	M. Gatti	10/06/2020	

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 Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 002	REV. B	FOGLIO 2 di 30

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	4
2.1	IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO BARI, PK 2+705.....	4
2.2	GALLERIA GROTTAMINARDA, DA PK 2+705 A 4+697	6
2.2.1	ASSETTO DEL SUBSTRATO.....	6
2.2.2	ZONA DI FRANA DI GROTTAMINARDA, DA PK 3+925 A 4+250	13
2.3	IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO NAPOLI, PK 4+697	15
3	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA.....	17
4	ASPETTI SPECIFICI DELLA TECNICA DI SCAVO MECCANIZZATO PER LE CONDIZIONI IN OGGETTO E RISPETTIVE CRITICITÀ.....	18
4.1	MODALITÀ DI AVANZAMENTO	18
4.2	PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO.....	18
4.3	CARATTERISTICHE DELLA TESTA DI SCAVO	21
4.4	CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI	22
4.5	OPERAZIONI DI MANUTENZIONE.....	22
5	ANALISI DEI RISCHI	23
5.1	INQUADRAMENTO GENERALE	23
5.2	REGISTRO DEI RISCHI E CONTROMISURE ADOTTATE	25
5.2.1	VALUTAZIONE DEI RISCHI.....	25
5.3	DESCRIZIONE DELLE CONTROMISURE.....	25
5.3.1	DOTAZIONI MACCHINA	25
5.3.2	PROCEDURE OPERATIVE.....	26
6	CANTIERIZZAZIONE PER LO SCAVO MECCANIZZATO	28

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u>   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 30</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	3 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	3 di 30												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																	

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 Grottaminarda, oggetto della presente relazione, che si estende per circa 1990 m.

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: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOJL Mandanti NETENGINEERING Alpina							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 4 di 30

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

2.1 IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO BARI, PK 2+705

L'imbocco lato Bari della galleria di Grottaminarda (GA01) è ubicato nella parte bassa del versante che borda a W la conca di Grottaminarda. In questo settore la ricostruzione del contesto geologico è basata, oltre che sulle informazioni geologiche di superficie, anche sui dati derivanti dai sondaggi SGR1 e SN-GR-01 e sugli stendimenti sismici SISGR1 (longitudinale e trasversale)

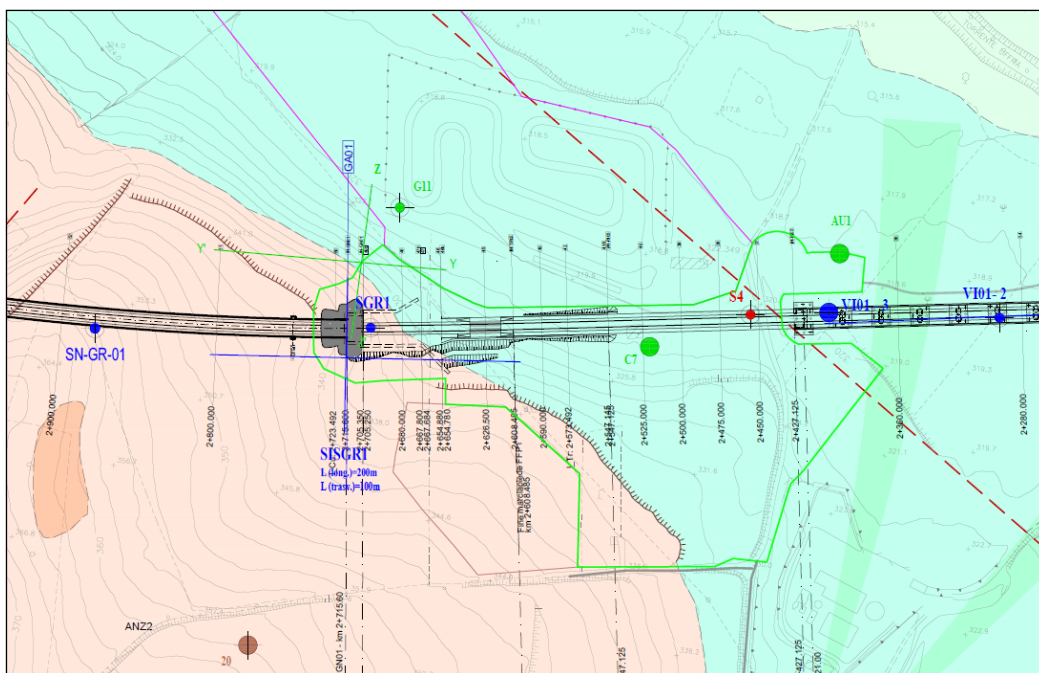


Figura 1. Imbocco della Galleria Grottaminarda lato BA - stralcio non in scala della carta geologica di progetto.

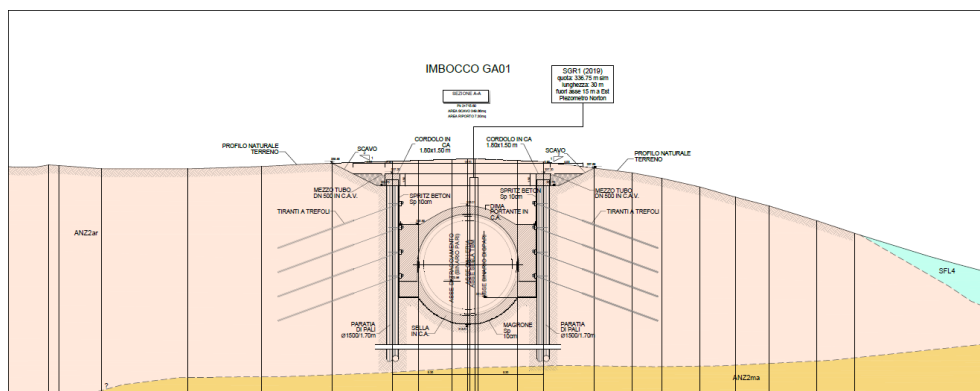





Figura 2. Stralcio non in scala della sezione trasversale dell'imbocco della Galleria Grottaminarda lato Napoli

Formazioni attraversate

- Molasse di Anzano, litofacies arenaceo – sabbiosa (ANZ2)

Litologia

L'imbocco della galleria naturale (pk 2+715) si imposta esclusivamente nella litofacies arenacea delle Molasse di Anzano (ANZ2) costituita in prevalenza da arenarie giallastre da poco a mediamente cementate alternate a marne grigie in strati di potenza centimetrica. Le prove SPT mostrano un aumento della resistenza a partire da 16 m. Il contatto con la sottostante litofacies marnosa (ANZ2a) si colloca al di sotto della galleria, verosimilmente ad una profondità di 25-26 m da piano campagna.

APPALTATORE: Consorzio  <u>Soci</u>  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  <u>Mandanti</u>  							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">5 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	5 di 30													

Strutture tettoniche

Non si osservano strutture tettoniche direttamente interferenti con l'imbocco.

Principali criticità geologico - strutturali

Non si riscontrano criticità di carattere geologico nell'ambito della realizzazione dell'imbocco.

APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria   	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 6 di 30

2.2 GALLERIA GROTTAMINARDA, DA PK 2+705 A 4+697

La galleria di Grottaminarda si sviluppa complessivamente su una lunghezza di circa 1970 metri tra gli imbocchi naturali (pk 2+715 – 4+682 circa). Nella parte iniziale dall'imbocco lato Bari e per circa un quarto del tracciato (fino alla pk 3+170), la galleria attraversa la litofacies arenacea e la litofacies pelitica delle Molasse di Anzano (ANZ2-ANZ2a). Nella restante parte, la galleria attraversa un settore complesso sia dal punto di vista stratigrafico, sia dal punto di vista tettonico, caratterizzato dalla presenza di numerose faglie normali che dissecano precedenti superfici di sovrascorrimento che mettono in contatto diverse litofacies della Formazione del Flysch Rosso e il membro arenaceo delle Molasse di Anzano.

Gli affioramenti lungo l'asse del tracciato sono abbastanza scarsi in corrispondenza della litofacies argillosa, a causa dell'alterabilità di questi litotipi, che formano una coltre di alterazione estesa; la percentuale di affioramento aumenta in corrispondenza dei termini più litoidi ascrivibili al FYR2.

La ricostruzione del contesto geologico è basata su un numero cospicuo di sondaggi a carotaggio continuo (una trentina di numero) realizzati lungo questa tratta nelle varie fasi progettuali. Si specifica che l'elevato numero di sondaggi realizzati è stato anche motivato dalla necessità di approfondire lo stato della così detta Frana di Grottaminarda, che presenta indizi di attività e che viene sotto-attraversata dalla galleria tra la pk 3+925 e la pk 4+250 ca; la descrizione delle caratteristiche geologiche della frana sarà ripresa in un paragrafo specifico.

2.2.1 Assetto del substrato

Verso l'imbocco della galleria lato Napoli (GA02), la ricostruzione dell'assetto geologico ha beneficiato anche delle tomografie sismiche realizzate nell'area (SIS_PE04, SIS_PE05, GR1 e GR02).

Formazioni attraversate

- dalla pk 2+705 (imbocco GA01) alla pk 3+170: Molasse di Anzano; in particolare fino a pk 3+005 ca. prevale la litofacies arenacea (ANZ2), in seguito si passa alla litofacies marnosa (ANZ2a);
- dalla pk 3+175 alla pk 4+475: membri della formazione del Flysch Rosso, con diverse litofacies dei depositi caotici (FYRca, FYRcb e FYRcc) e della litofacies a dominante argilloso-marnosa (FYR), e scaglie di arenarie appartenenti alla litofacies arenacea (ANZ2) delle Molasse di Anzano;
- dalla pk 4+475 fino alla pk 4+660: brecce calcaree (FYR2), scaglie di arenarie appartenenti alla litofacies arenacea (ANZ2) delle Molasse di Anzano;
- dalla pk 4+660 alla pk 4+695 (imbocco GA02): litofacies a dominante argilloso-marnosa (FYR), subordinate brecce calcaree (FYR2).

Litologia

Dall'imbocco della galleria artificiale fino alla pk 3+005, il tracciato è caratterizzato dalla presenza prevalente di arenarie da non consolidate a consolidate localmente con clasti di natura arenacea, alternate a livelli poco potenti (centimetrici-pluricentrici) di siltiti e argille marnose da poco consolidate a consolidate.

Dalla progressiva 3+005 il tracciato attraversa il limite con la litofacies marnosa delle Molasse di Anzano (ANZ2a) rappresentata principalmente da argille marnose con sottili interstrati sabbiosi; a causa della bassa inclinazione di tale limite lo scavo si sviluppa su un fronte misto, ovvero caratterizzato dalle due litofacies, che perdura per circa 30 metri. A circa pk 3+175 la galleria entra nelle litologie della Formazione del Flysch Rosso, fatta eccezione per il passaggio entro livelli arenacei delle Molasse di Anzano che sono interposti tramite strutture tettoniche, e vi permane fino all'imbocco GA02.

La tratta di scavo all'interno del Flysch Rosso presenta una elevata varietà compositiva (litofacies argillose, calcaree e depositi caotici; cfr. Figura 3). Per maggior chiarezza, in Tabella 1 si fornisce una descrizione riepilogativa delle litofacies di questa formazione attese tratta per tratta, con il dettaglio delle percentuali relative di materiale pelitico e di blocchi di lapideo.

Va sottolineato che i limiti tratteggiati tra le diverse litofacies di depositi caotici sono frutto di un'estrapolazione che presenta un certo grado di arbitrarietà, visto che comunque si tratta di facies che presentano una forte variabilità laterale alla scala metrica; inoltre, essendo questi depositi mal stratificati non risulta possibile definire un andamento spaziale certo. Si ribadisce che la difficoltà definire chiaramente dei passaggi tra diverse litofacies caotiche è insita proprio nella tipologia di questi depositi, così come ampiamente descritto dalla bibliografia scientifica (Medley, 1994; Medley e Sanz Rehermann, 2004). Si sottolinea comunque come il Flysch Rosso, come già richiamato in precedenza, costituisce proprio una delle formazioni di riferimento in Appennino Meridionale tipica per i potenti orizzonti di depositi con assetto caotico (Festa et alii, 2010).

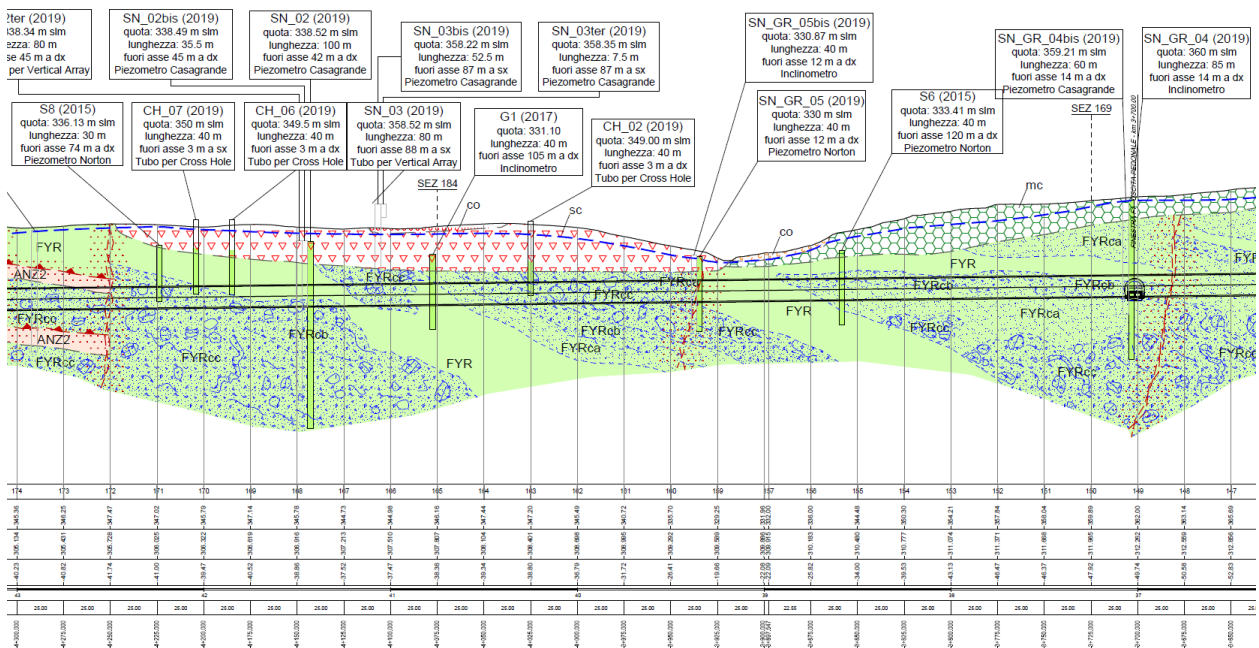
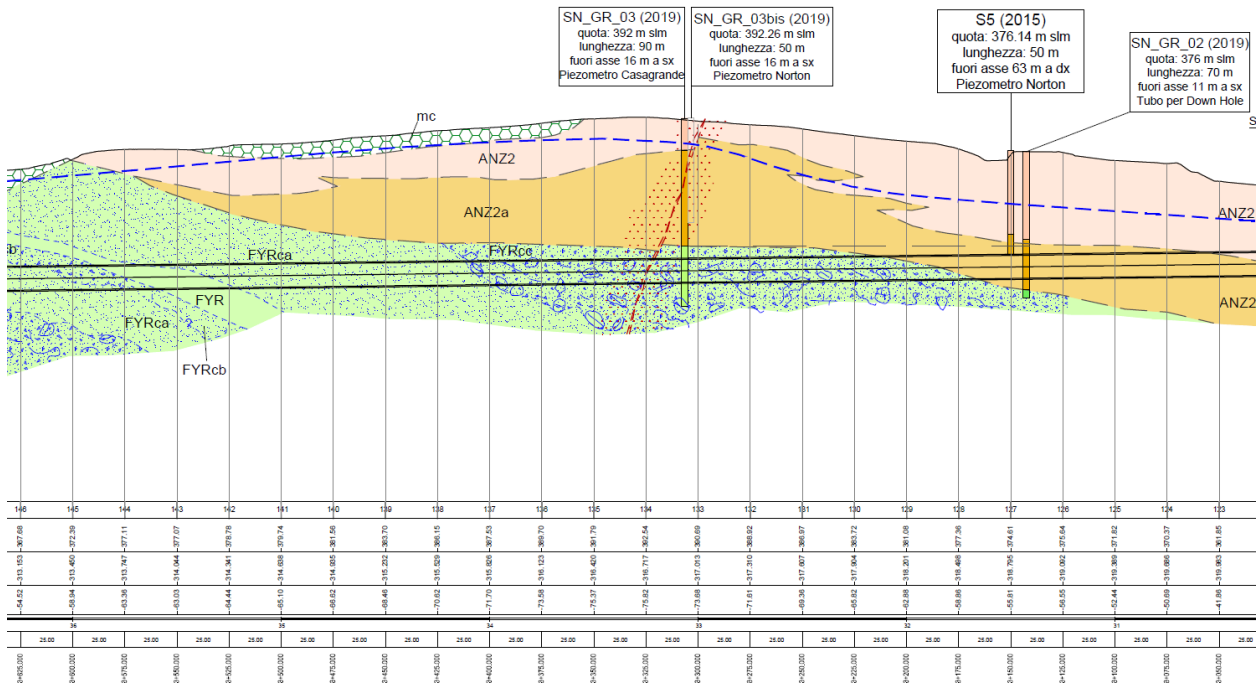
APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u>   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">7 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	7 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	7 di 30													





Alla scala del tracciato, si può rilevare come i depositi a maggior contenuto di lapideo (FYRcc) siano indicativamente intercettati principalmente tra le pk 3+175 e 3+400, tra le pk 3+935 e 4+050, tra le pk 4+080 e 4+525. Va comunque sottolineato che si tratta di indicazioni di massima, in quanto spesso questi depositi presentano delle variazioni locali di contenuto relativo di materiale pelitico e lapideo, tanto che a volte si registrano dei passaggi ad orizzonti francamente argillosi o anche arenacei.

Dalla pk 4+250 la galleria prosegue intercettando non solo i depositi caotici del Flysch Rosso, ma anche le arenarie appartenenti alla litofacies arenacea (ANZ2) delle Molasse di Anzano. I livelli di arenarie hanno spessore variabile da 0 m a ca. 15 m, in funzione del condizionamento imposto dai motivi strutturali dei piani di sovrascorrimento che in questo settore separano principalmente le arenarie (ANZ2) dai calcari (FYR2); i sondaggi che hanno intercettato i livelli di arenarie sono rappresentati da M2, G2, e SN-GR-06.

Dalla pk 4+500 alla 4+660 la galleria entra in un settore contraddistinto dalla presenza del membro calcareo di Flysch Rosso (FYR2), affiorante o sub-affiorante in superficie e costituente un corpo lapideo che esercita un importante controllo sulla geomorfologia di questa zona. In affioramento si tratta di brecce calcaree monogeniche a cemento spatico, presenti in banchi di 1-3 m ed intervallate da livelli centimetrici di argille. In profondità, i dati di sondaggio indicano che i calcari presentano frequenti intercalazioni di livelli argillosi e numerose fratture riempite con argille.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOJL Mandanti NETENGINEERING Alpina		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 8 di 30



APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RG DOCUMENTO MD0000 001 REV. B FOGLIO 9 di 30

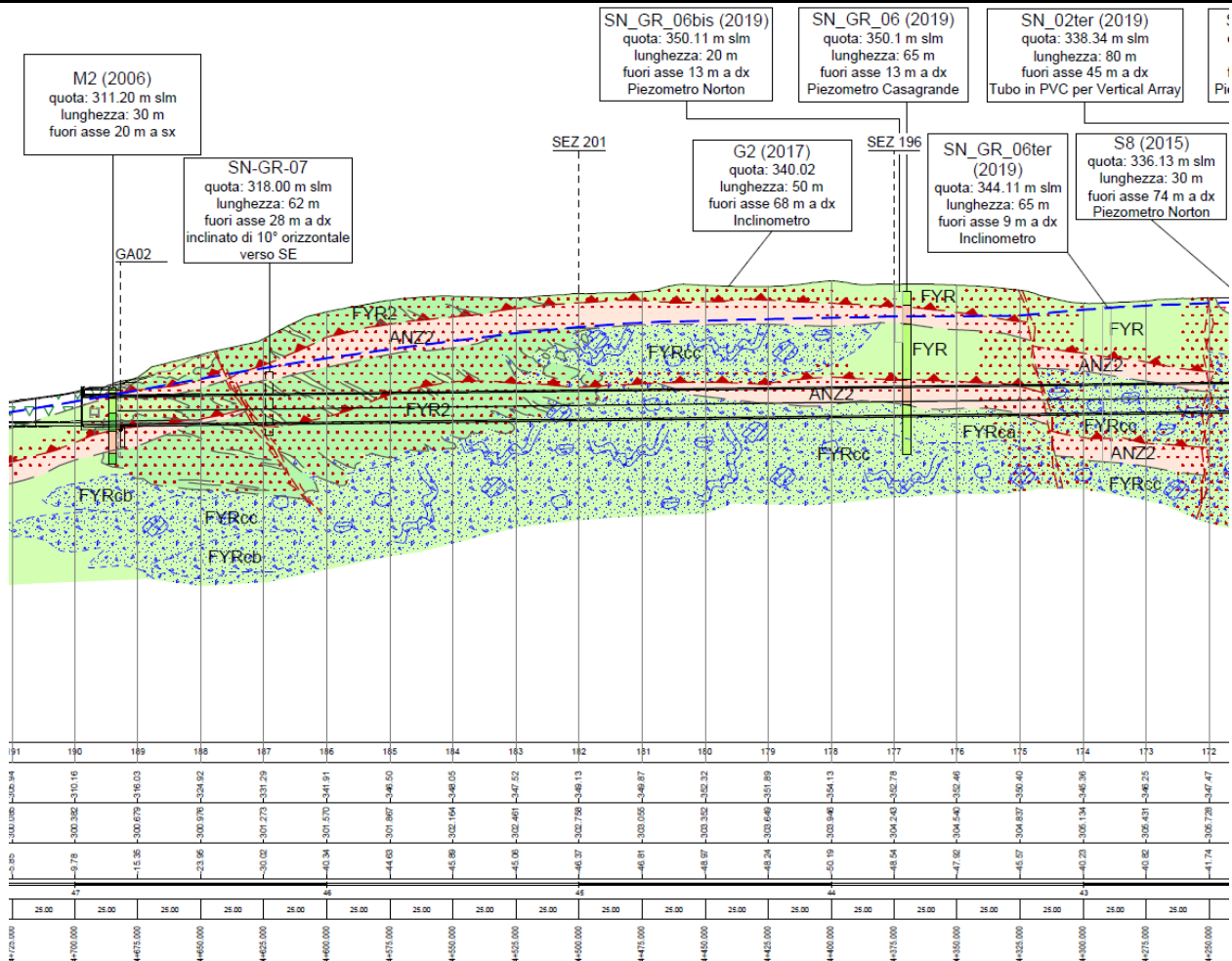


Figura 3. Stralcio non in scala del profilo geologico della Galleria Grottaminarda relativo alle tratte di attraversamento della Formazione del Flysch Rosso.

La ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale del settore prossimo all'imbocco GA02 è stata effettuata confrontando le stratigrafie dei sondaggi M2 e SN-GR-07 con i profili sismici longitudinali (GR1) e trasversali (SIS_PE05 e GR2). Come criterio di riferimento, per la sismica a rifrazione ci si è basati sull'assunzione che valori di $V_p > 2500$ m/s e $V_s > 1200$ m/s siano verosimilmente riferibili ai calcari FYR2, mentre valori di $V_p < 2000$ m/s e $V_s < 800$ siano riferibili a porzioni a dominante pelitica (argille-marne e/o clasti/blocchi di piccola dimensione involuppati in materiale argilloso).

Sulla base di questi criteri e dall'integrazione delle varie informazioni disponibili è possibile ricostruire uno scenario nel quale, per il tratto compreso tra la pk 4+500 e la 4+660, i calcari con le intercalazioni argillose sono principalmente concentrati in corrispondenza del tracciato e a SW di esso, mentre a NE prevalgono le litologie a componente pelitica (cfr. Figura 4).





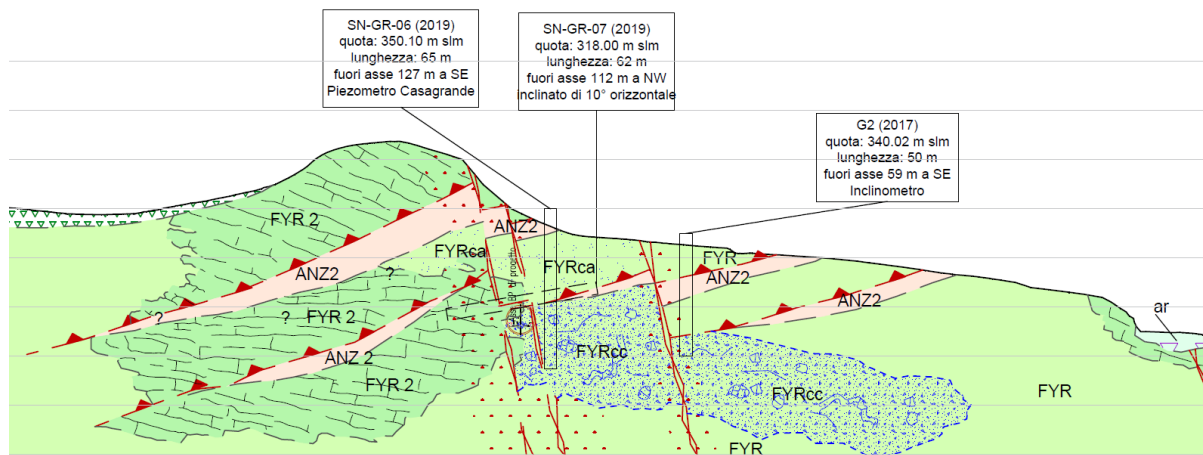
APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RG DOCUMENTO MD0000 001 REV. B FOGLIO 10 di 30

Tabella 1 - Descrizione delle caratteristiche litologiche dei membri appartenenti alla Formazione del Flysch Rosso intercettati dalla Galleria Grottaminarda.

GALLERIA GROTAMINARDA - Litofacies del Flysch Rosso attese lungo tracciato									
Inizio pk	Fine pk	Lungh [m]	Litofacies	% Matrice	% Blocchi	Dim. media clasti/blocchi [m]	Dim. max blocchi [m]	Note	Sondaggi di riferimento
3+175	3+400	225	FYR caotico "tipo c"	60%	40%	0.25	1.5	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	SN-GR-03
3+400	3+530	130	FYR caotico "tipo a"	> 90%	< 10%	0.02	-	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	SGR3
3+530	3+575	45	FYR (argille)	100%	-	-	-	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	SGR3, SN-GR-04
3+575	3+875	300	mista: livelli di arenarie, FYR caot. "tipo a", FYR caot. "tipo b"	80-90%	10-20%	0.02-0.1	0.3	Livelli di arenarie poco cementate con spessore max 2-3 m, alternate a livelli di FYRca e FYRcb	SN-GR-04, S6
3+875	3+935	60	FYR (argille)	100%	-	-	-	Alternanza di marne argillose e argille marnose, clivaggio da poco a mediamente pervasivo	SN-GR-05
3+935	4+050	115	mista: FYR caot. "tipo b", FYR caot. "tipo c"	60-80%	20-40%	0.1-0.25	1.5	Clivaggio a medio angolo	BH2, CH2
4+050	4+080	30	FYR (argille)	100%	-	-	-	-	G1
4+080	4+120	40	FYR caotico "tipo c"	60%	40%	0.25	1.5	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	SN_03
4+120	4+250	125	mista: FYR caot. "tipo a", FYR caot. "tipo c"	60-100%	0-40%	0.02-0.25	2.0	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	CH7, CH6, SN02
4+250	4+475	225	mista: arenarie, FYR caot. "tipo a", FYR caot. "tipo c"	60-90%	10-40%	0.02-0.25	1.0	Arenarie non o poco cementate, clivaggio a medio angolo pervasivo	SN-GR-06
4+475	4+500	25	FYR caotico "tipo c"	60%	40%	0.25	1.5	Clivaggio da poco sviluppato a pervasivo a medio angolo	G2
4+500	4+660	160	mista: breccie calcaree (FYR2), argille (FYR)	20%	80%	-	Bancate di spessore da 1-3 m	Bancate di breccie calcaree fratturate o intensamente tettonizzate alternate a livelli cm-dm di argille	SN-GR-07
4+660	4+695	35	mista: arenarie (ANZ2), breccie calcaree (FYR2), argille (FYR)	30%	70%	-	Bancate di spessore da 1-3 m	Bancate di breccie calcaree fratturate o intensamente tettonizzate alternate a livelli dm di argille e m di arenarie	M2



APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 11 di 30

Figura 4. Stralcio non in scala della sezione geologica (n. 201) tracciata alla pk 4+500 della Galleria Grottaminarda. Orientazione NW – SE.

Strutture tettoniche

È possibile effettuare una distinzione tra due settori caratterizzati da un diverso assetto strutturale:

tra la pk 2+705 e la pk 4+250, il settore è caratterizzato dalla presenza di alcune faglie normali a medio-alto angolo che producono una dislocazione tra le diverse formazioni coinvolte. Le faglie cartografate, principalmente desunte da evidenze di carattere geomorfologico, intersecano il tracciato intorno alle pk 2+985, 3+325, 3+680 e 3+935. Per la faglia alla pk 2+985 è stata stimata una potenza della zona di danneggiamento di circa 10-15 m totali; per le altre tre superfici è stata stimata una potenza di circa 25 m totali. Trattandosi di terreni prevalentemente argilloso - sabbiosi, si può supporre che in questa fascia ci sia un decadimento modesto delle proprietà geotecniche – geomeccaniche dell'ammasso; non è atteso lo sviluppo di rocce di faglia con caratteristiche geotecniche sensibilmente differenti, tranne qualche breccia di faglia che si potrebbe sviluppare in corrispondenza degli orizzonti di depositi caotici a maggiore componente lapidea;

- tra la pk 4+250 e la pk 4+695 il settore è contraddistinto da un assetto geologico-strutturale articolato, dominato dalla presenza di zone di taglio a basso angolo intersecate e dislocate da faglie a medio-alto angolo (cfr. Figura 3 e Figura 4). L'assetto relativo a questo settore è stato descritto in maniera dettagliata nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti in merito alla caratterizzazione strutturale e cinematica delle faglie. Le zone di taglio a basso angolo sembrano far parte di un sistema di sovrascorrimenti a geometria di tipo “duplex”, rappresentato da alcune superfici di sovrascorrimento che giustappongono le unità relativamente più antiche del FYR2 e FYR (litofacies caotica e argillosa) sulle arenarie ANZ2 appartenenti alle Molasse di Anzano. Tra la pk 4+325 e 4+650 è presente una zona di taglio costituita da sistemi coalescenti di faglie normali a direzione NNW-SSE che, in planimetria, intersecano il tracciato dell'opera a basso angolo. Il sistema di faglie presenta a tratti una deformazione molto pervasiva con sviluppo di cataclasi e gouge nelle zone in cui si sono concentrati i movimenti, e brecce di faglia e zone di fratturazione più o meno intensa nelle zone bordiere. Il movimento delle faglie normali, con abbassamento del blocco di letto verso NE, è all'origine della marcata discontinuità litologica che si osserva tra il settore a SW del tracciato e il settore a NE (cfr. Figura 4). Il sistema di faglie normali produce un'intensa tettonizzazione con fratturazione pervasiva dei calcari presenti tra la pk 4+500 e la 4+660. I numerosi dati stratigrafici derivanti dai sondaggi integrativi realizzati in questo settore in fase di PE, nonché la revisione critica dei dati delle campagne precedenti, hanno consentito di rifinire la ricostruzione tridimensionale dei corpi di cui si dà evidenza attraverso i profili e le sezioni geologiche trasversali riportate nelle tavole di progetto. Tuttavia, va rimarcato che, pur essendo stato eseguito in questo settore un elevatissimo numero di indagini di alta risoluzione, la ricostruzione presenta alcune incertezze ad una scala di dettaglio (i.e. scala del fronte di scavo), che sono associate all'elevata articolazione dell'assetto geologico-strutturale di questo settore.

Principali criticità geologico - strutturali

Per quanto riguarda la formazione del Flysch Rosso, gli elementi che hanno una rilevanza in fase di scavo sono rappresentati dall'elevata variabilità composizionale di questa formazione in questa parte di tracciato, specialmente per quel che riguarda il rapporto tra matrice pelitica e clasti o blocchi di materiale lapideo. Tale variabilità fa sì che sul fronte di scavo si possano incontrare materiali dotati di un elevato contrasto di resistenza. In particolare, la situazione più critica potrebbe essere rappresentata da situazioni in cui esiste un forte contrasto di competenza fra blocchi carbonatici, molto competenti, di dimensioni elevate (>1.5 m) e matrice pelitica poco competente in cui si trovano inglobati. Poiché tali blocchi sono immersi in tale matrice e non a contatto fra loro, fra un blocco e l'altro possono esistere ampie porzioni di terreno poco competenti; tali porzioni possono occupare intere parti di un fronte di scavo, originando pertanto fronti di tipo misto.

Più in generale comunque la forte eterogeneità della formazione, in cui il rapporto blocchi/matrice cambia molto da zona a zona, può determinare variazioni delle caratteristiche geotecniche del substrato. Va anche notato che dalle porzioni più francamente caotiche ed eterogenee si può comunque localmente passare a porzioni di spessore variabile di depositi più organizzati e stratificati, aventi pertanto caratteristiche geotecniche meglio circostanziabili. Allo scopo illustrativo, in Figura 5 si fornisce uno schema dei fronti di scavo tipo attesi nel Flysch Rosso per diversi intervalli di progressive

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NET ENGINEERING Alpina		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 12 di 30

Per le valutazioni specifiche sulla frana della Grottamina si rimanda al paragrafo successivo ed alla Relazione Geomorfologica

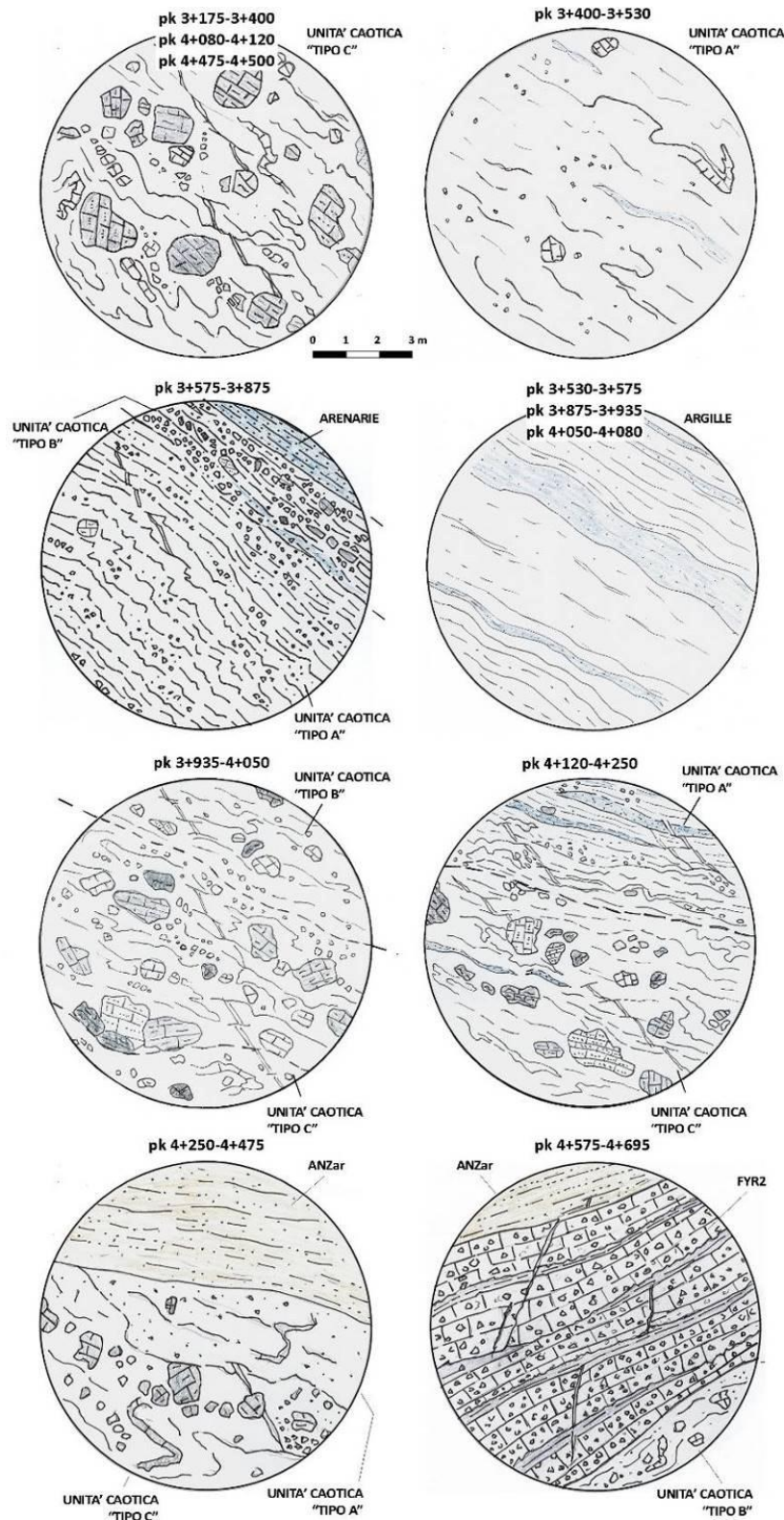




Figura 5. Schema delle sezioni tipo dei fronti di scavo attesi in corrispondenza delle varie tratte di attraversamento del Flysch Rosso.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 13 di 30

Un altro aspetto da considerare riguarda l'attraversamento, nel tratto compreso tra la pk 4+250 e la pk 4+695, di un settore caratterizzato da una complessa strutturazione ed interessato da un'intensa tettonizzazione. Anche questa situazione può determinare una variazione pronunciata dei parametri geotecnici a piccola scala. In particolare, tra la pk 4+500 e la pk 4+660 si possono reperire i calcari del membro FYR2, originariamente molto competenti, ridotti ad un ammasso con caratteristiche geomeccaniche molto variabili per presenza di una zona di faglia. I calcari possono passare da pressoché indeformati a molto fratturati o ridotti a brecce tettoniche con clasti di piccole dimensioni e con riempimenti pervasivi delle fratture da parte di argille.

2.2.2 Zona di frana di Grottaminarda, da pk 3+925 a 4+250

La zona di frana di Grottaminarda è una porzione di versante nella quale diverse tipologie di movimenti gravitativi concorrono a formare una estesa zona di instabilità attiva; in planimetria, il settore in frana si colloca indicativamente tra la pk 3+925 e la pk 4+250 (cfr. Figura 6).

La zona di frana si sviluppa tra la dorsale di Colle Saudone, il fondovalle del Fiume Ufita e il Vallone dei Fossi. Tale area è caratterizzata dalla presenza di un esteso corpo franoso, geometricamente articolato e di circa 350.000 m² di estensione, che si sviluppa dalla parte alta del rilievo fino al fondovalle del Fiume Ufita, a valle della confluenza dei due corsi d'acqua suddetti. Nella zona di monte, il movimento franoso è caratterizzato dalla presenza di una evidente nicchia di distacco con scarpata di altezza variabile tra 5 e 10 m circa. Il bordo destro del corpo d'accumulo è delimitato per l'intera estensione dall'incisione del Vallone dei Fossi.

Probabilmente uno dei fattori predisponenti, che hanno favorito l'innescò del fenomeno franoso, è legato all'intersezione tra due sistemi di faglie, orientati rispettivamente NE-SW e NNW-SSE.

La caratterizzazione litostratigrafica del substrato sottostante la frana è descritta in dettaglio nel paragrafo precedente.

Il corpo principale della zona di frana di Grottaminarda è formato da un deposito di natura prevalentemente limoso-argilloso e contenente clasti e blocchi di varia pezzatura di calcari e calcareniti. Nella parte alta, l'elemento morfologico più pronunciato è rappresentato dalla nicchia di distacco, entro cui si imposta una scarpata sommitale piuttosto acclive. Alla base della scarpata è possibile riconoscere chiaramente l'inizio del corpo di accumulo, in corrispondenza del quale si assiste ad una riduzione di pendenza del versante. Sul lato sinistro della nicchia la scarpata causa il locale denudamento del substrato sottostante, in questo settore costituito da calcari e da brecce tettoniche cementate associate a zone di faglia normali.

Nel corso delle varie fasi progettuali, sulla zona di frana di Grottaminarda sono stati realizzati i seguenti sondaggi a carotaggio continuo BH1, BH2, BH3, G1, S8, CH_02, CH_06, CH_07, SN_01, SN_02, SN_03, SN_04 e SN-GR-05. Inoltre, sulla frana sono state realizzate numerose indagini geofisiche, tra cui indagini di sismica a riflessione e a rifrazione, indagini di geoelettrica e indagini "cross-hole". Sono inoltre presenti diversi sondaggi a distruzione attrezzati con inclinometri, sistemi inclinometrici di tipo Vertical Array basati su tecnologia MUMS (Modular Underground Monitoring System) ad acquisizione automatizzata, progettati per la misura dei movimenti orizzontali o verticali del terreno e piezometri. Per i dettagli di questo monitoraggio si rimanda al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

L'analisi multidisciplinare che ha portato alla ricostruzione del modello geomorfologico di questo settore, in termini di estensione areale, profondità della e/o delle superfici di movimento, spessore del corpo di frana e grado di attività dei fenomeni è descritta in dettaglio nella Relazione Geomorfologica di PE (IF2801EZZRGG0103001B), alla quale si rimanda.

APPALTATORE: Consorzio HirpiniaAV Soci salini impregilo ASTALDI		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria ROKSOIL Mandanti NETENGINEERING Alpina							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 14 di 30

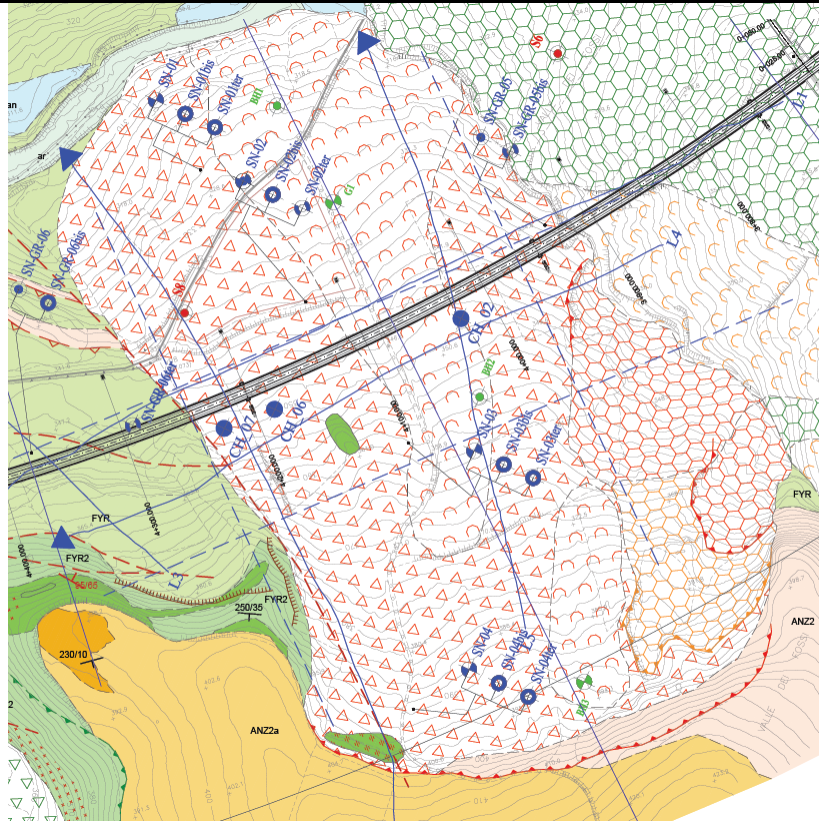


Figura 6. Stralcio non in scala della carta geologica della zona di frana di Grottaminarda.

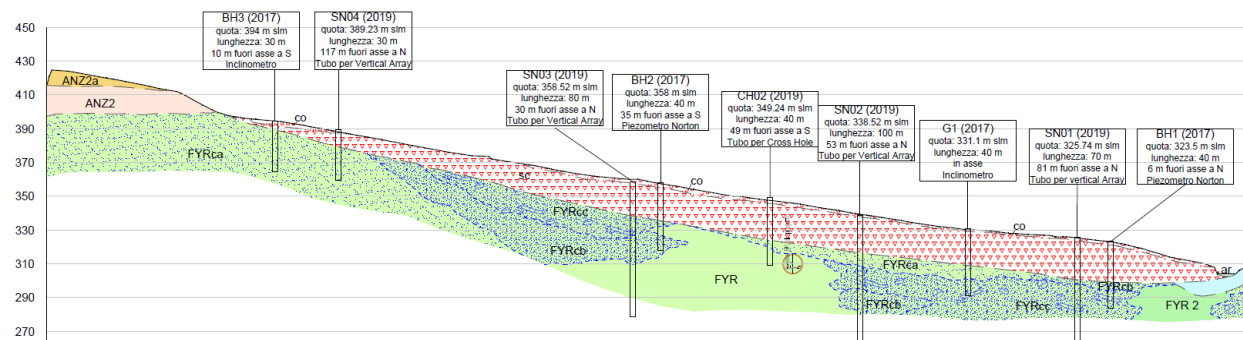


Figura 7. Stralcio non in scala della sezione geologica realizzata sulla zona di frana di Grottaminarda alla pk 4+075 (sezione n. 184).

Principali criticità geologico - strutturali

Il corpo di frana ricostruito non pare interferire direttamente con la galleria. Infatti, tra la calotta della galleria e la base della frana sussiste un franco pari a ca. 6 m. Tuttavia, un aspetto importante da sottolineare riguarda il fatto che sia, gli inclinometri tradizionali sia i sistemi basati su Vertical Array, necessitano di tempistiche piuttosto lunghe, dell'ordine di diversi mesi, prima che gli effetti di assestamento siano completamente superati e che quindi le misure siano rappresentative dei processi gravitativi di versante in corso. Attualmente, si può affermare che solo l'inclinometro G1, installato nel 2017, stia fornendo delle misure di movimento inequivocabili, mentre per gli altri sensori MUMS, installati a inizio 2020, sussistono ancora probabili assestamenti. Pertanto, risulta chiaro come sia più che mai opportuno proseguire senza interruzioni con il monitoraggio sia degli inclinometri sia dei Vertical Array, per verificare che il modello della frana qui ricostruito risulti verificato anche successivamente e preliminarmente all'inizio della fase costruttiva.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u>   		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u>   		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato		COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 15 di 30

2.3 IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO NAPOLI, PK 4+697

L'imbocco della Galleria Grottaminarda lato Napoli è ubicato in sinistra idrografica del F. Ufita alle pendici di una dorsale rocciosa modellata nel membro calcareo del Flysch Rosso (FYR2). Come per l'ultimo intervallo di pk descritto nel precedente paragrafo, anche l'imbocco della Galleria Grottaminarda lato Napoli è contraddistinto da un assetto geologico-strutturale articolato ricostruibile dal confronto tra i dati di rilevamento e i sondaggi geognostici realizzati in questo settore. Per la ricostruzione dell'assetto geologico-strutturale ci si è basati sui sondaggi M2, C10, AU6 e AU7, SNGR07, sui profili sismici a rifrazione U-U' e V-V' realizzati in fase di PD, sul profilo sismico a rifrazione GR1 realizzato in fase di PE e sugli stendimenti sismici SIS_PE_4 e SIS_PE_5.

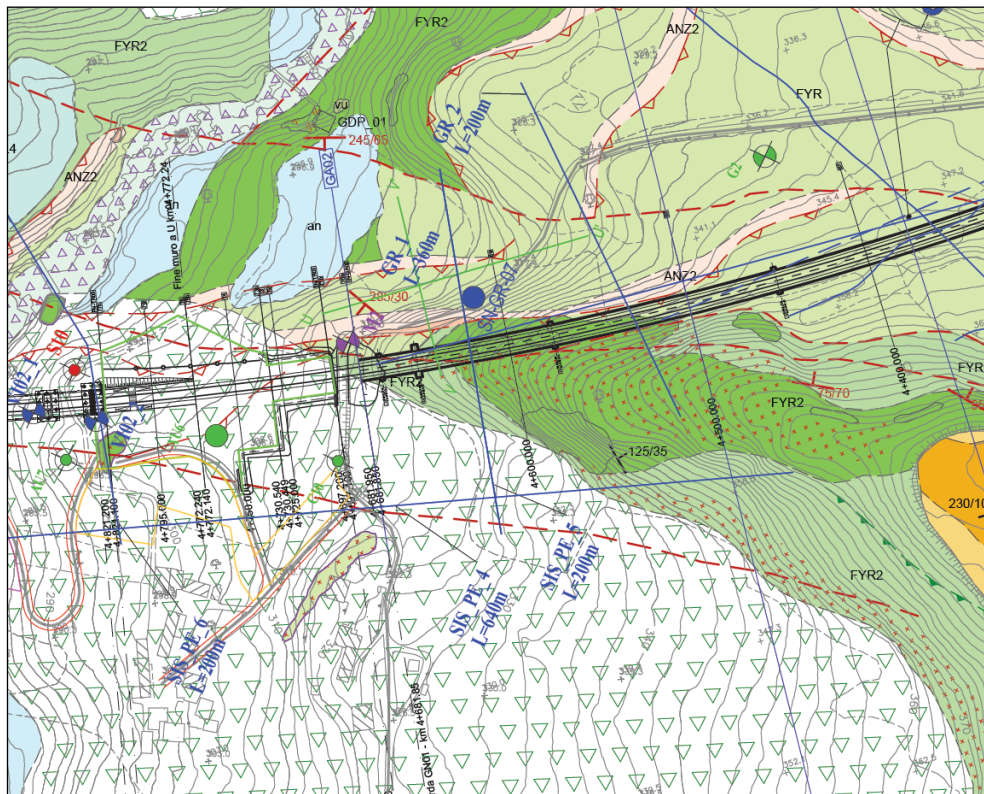


Figura 3 – Imbocco Galleria Grottaminarda lato NA – stralcio non in scala della carta geologica

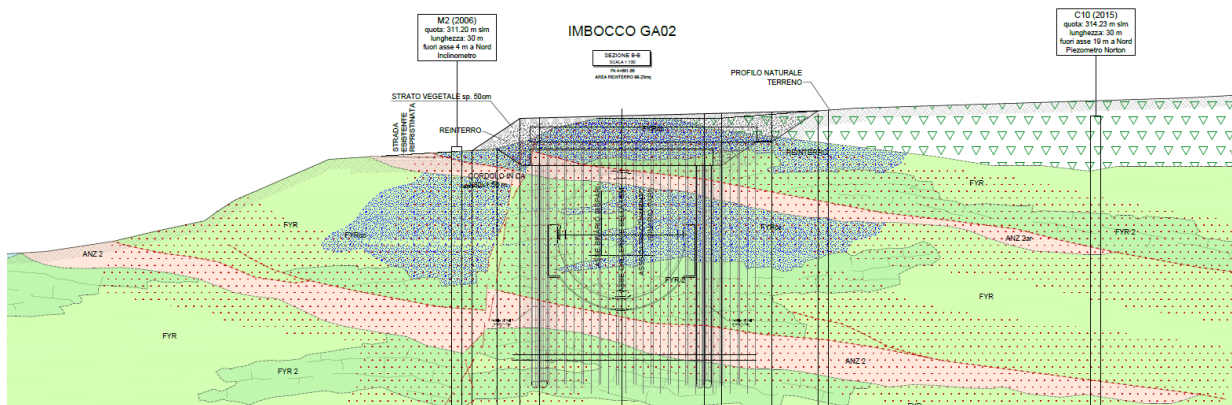


Figura 3 - Stralcio non in scala della sezione trasversale dell'imbocco Galleria Grottaminarda lato Napoli

APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	<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;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	16 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	16 di 30													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

Formazioni attraversate

- depositi di frana stabilizzata;
- litofacies “c” del caotico (FYRcc) del Flysch Rosso.

A ca. 15-20 m dall’imbocco è previsto l’attraversamento di (cfr. paragrafo 2.2):

- brecce calcaree (FYR2) del Flysch Rosso;
- arenarie delle Molasse di Anzano (ANZ2).

Litologia

La parte alta del fronte di imbocco della galleria naturale è impostata nei depositi di una frana complessa stabilizzata che si estende a valle fino al F. Ufita, mentre la parte bassa interessa i terreni del caotico del Flysch Rosso, contraddistinti in questo settore dalla litofacies di tipo “c”.

Non esistono evidenze nette che consentano di delimitare in maniera precisa il passaggio tra depositi di frana e formazioni sottostanti. Indicativamente il limite del corpo di frana è posto al contatto tra i limi argillosi debolmente sabbiosi di colore avana chiaro-marrone-grigio con diffuse concrezioni calcaree, posti a tetto, e le sottostanti argille limose di colore rossastro rappresentanti il Flysch Rosso (sondaggi AU6, AU7 e C10). Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche lo spessore del corpo di frana è stato stimato tra 10 e 15 m. Per una descrizione di dettaglio del dissesto si rimanda alla Relazione Geomorfologica (IF2801EZZRGGGEO103001B).

In superficie il limite superiore del corpo di frana sul tracciato è posto alla pk 4+689. Pertanto, i depositi di frana si estendono solo nei primi metri a NW dell’imbocco, L’assetto litologico sopra discusso trova conferma nei risultati delle sezioni sismiche realizzate in questo settore. Dalla sezione SRT_PE04 le velocità Vp e Vs forniscono un’indicazione di velocità relativamente bassa sulla pk dell’imbocco (probabili argille), mentre velocità relativamente più elevate, riferibili ai calcari del FYR2, si osservano procedendo in direzione SE (cfr. paragrafo successivo).

Strutture tettoniche

Il settore dell’imbocco è attraversato da una faglia normale a direzione NW-SE immergente a medio-alto angolo verso NE. L’attraversamento di questa struttura è il frutto di un’estrpolazione spaziale della stessa struttura osservata in affioramento in corrispondenza delle bancate calcaree osservate qualche centinaio di metri a SE dell’imbocco. Non ci si aspetta che questa zona di deformazione comporti significative variazioni nello stato dei materiali presenti lungo lo sviluppo della galleria, essendo questi costituiti prevalentemente da argille, quindi da materiali poco adatti a registrare variazioni tessiturali e geotecniche legate a meccanismi deformativi di tipo fragile. Tuttavia, nel settore di attraversamento della faglia potrà registrarsi la presenza di anisotropie più intense sviluppate sul piano verticale rispetto ai settori privi di deformazione.

Principali criticità geologico - strutturali

Un elemento di attenzione legato allo scavo dell’imbocco della galleria naturale GA02 riguarda la possibilità che fin dai primi metri, a causa della natura caotica dei depositi di frana qui presenti, vengano intercettate litologie caratterizzate da un elevato contrasto di resistenza geomeccanica. In prevalenza, il fronte dell’imbocco dovrebbe essere caratterizzato dalla presenza di argille con clasti centimetrico-decimetrici di calcilutiti e calcarenti. Tuttavia, è anche possibile che all’interno delle argille possano essere reperiti blocchi o livelli isolati di brecce calcaree di spessore fino a 2-3 m. Quindi la previsione è che sui primi metri di avanzamento il fronte possa essere misto con una distribuzione geometricamente irregolare delle litologie a dominante pelitica e a dominante lapidea.

Le criticità legate al corpo di frana stabilizzato sono descritte nella Relazione Geomorfologica.

preliminarmente all’inizio della fase costruttiva.

APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RG DOCUMENTO MD0000 001 REV. B FOGLIO 17 di 30

3 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA

Nella Tabella 2 seguente vengono sintetizzate le principali caratteristiche dell TBM utilizzata per lo scavo della galleria Grottaminarda.



Elemento	Specifica
<i>Diametro scavo</i>	12.500 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 2 – Galleria Grottaminarda – Principali caratteristiche della macchina

Si noti la presenza di un valore di concità coda scudo – testa TBM pari a 70 mm, di cui 25 mm quale salto tra lo scudo e la testa fresante (nella condizione di utilizzo del diametro nominale di scavo, in assenza di extrascavi). Tale aspetto è molto importante per gestire le pressioni sullo scudo che possono insorgere nei contesti più spingenti della Formazione del Flysch Rosso.

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: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 18 di 30

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

4.1 MODALITÀ DI AVANZAMENTO

La macchina sarà attrezzata per avanzare in modalità chiusa (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 8).

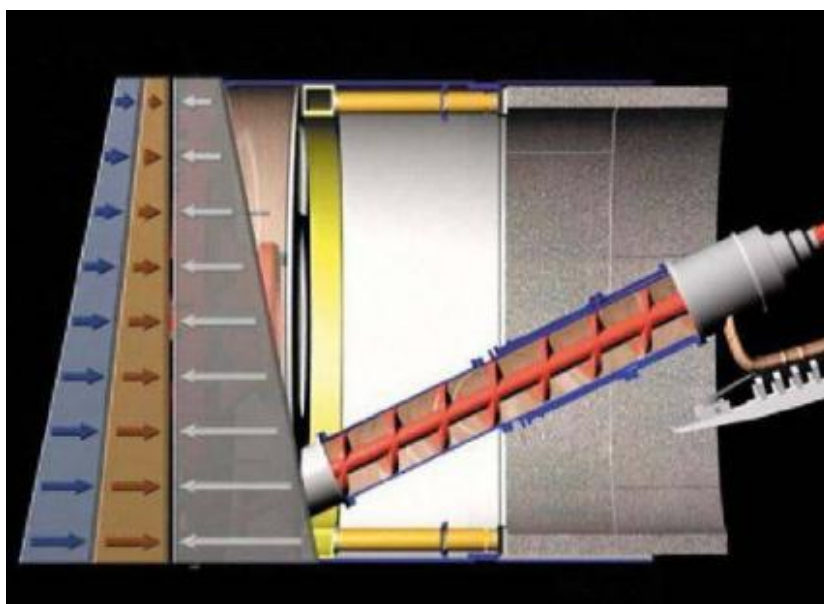


Figura 8 – TBM-EPB – Schema funzionamento in modalità chiusa: la pressione di bilanciamento in camera di scavo (in grigio) consente di contrastare le pressioni dell'ammasso al fronte (marrone) e della spinta idrostatica (azzurro)

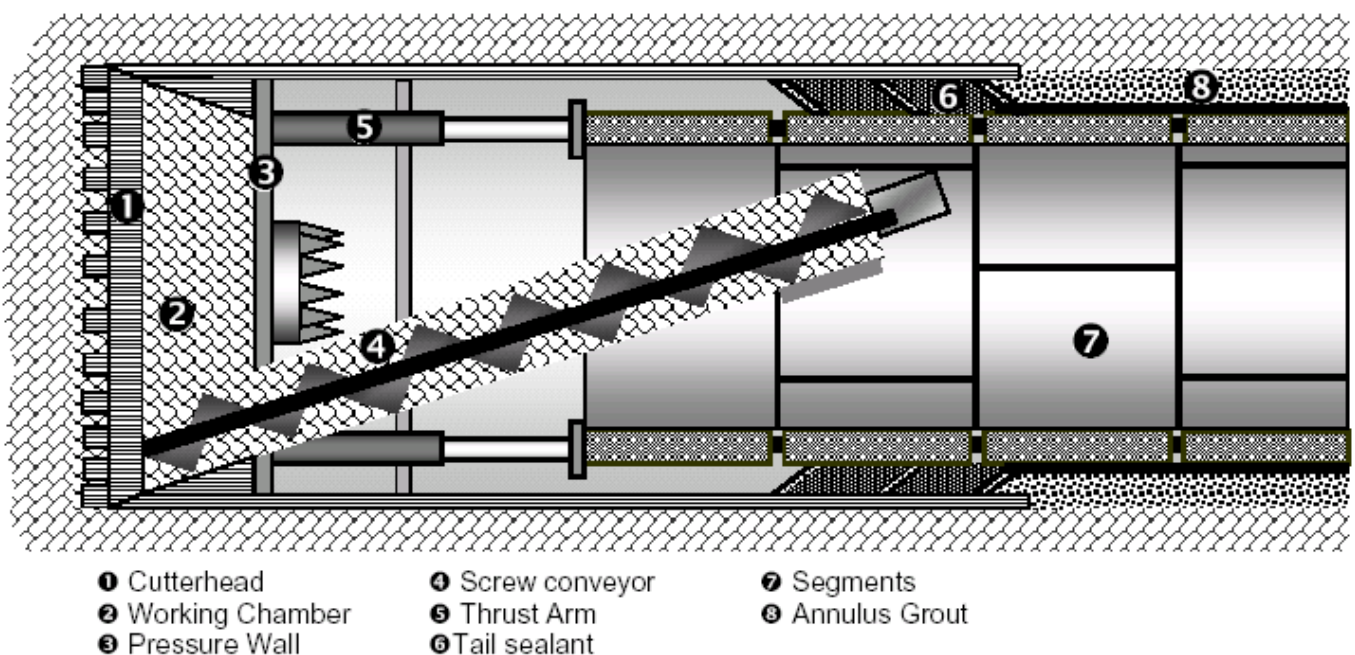
L'avanzamento avverrà mantenendo la camera di scavo costantemente e completamente piena del materiale estratto, opportunamente condizionato, in modo da garantire una distribuzione omogenea ed uniforme di pressione di terra al fronte, senza cali di pressione tra una spinta e quella successiva. Contestualmente all'avanzamento dovrà essere operato anche l'intasamento dell'intercapedine concio/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÷1,0 bar), così da evitare il rifluimento di materiale condizionato e schiuma verso la coda dello scudo.

4.2 PARAMETRI OPERATIVI DI SCAVO

La TBM adottata per lo scavo della galleria Grottaminarda 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.

APPALTATORE: Consorzio <u>HirpiniaAV</u> Soci <u>salini impregilo</u> <u>ASTALDI</u>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>ROKSOJL</u> Mandanti <u>NETENGINEERING</u> <u>Alpina</u>	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N LOTTO 01 E ZZ CODIFICA RG DOCUMENTO MD0000 001 REV. B FOGLIO 19 di 30

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 9 – 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 l’intero sviluppo della galleria Grottaminarda, con il mantenimento di pressioni di terra in camera di scavo (valore medio al piano dei centri) sino a **3.5 – 4.5 bar** 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.

APPALTATORE: Consorzio  <u>Soci</u>  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  <u>Mandanti</u>  							<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">20 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	20 di 30													

L'avanzamento della macchina avviene per mezzo di appositi martinetti di spinta ([5] in Figura 9) 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 (coefficiente di attrito dinamico sullo scudo) si attestano nel range **130MN** (valore di calcolo - in relazione alle pressioni medie da mantenersi in camera e all'azione spingente dell'ammasso sullo scudo). Nelle condizioni di ripartenza dopo fermo macchina (adozione di coefficiente di attrito statico sullo scudo), a seguito della mobilitazione di effetti viscosi nell'ammasso, si stima una richiesta di spinta nell'ordine dei **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.

APPALTATORE: Consorzio  <u>Soci</u>  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u>  <u>Mandanti</u>  	<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;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">21 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	21 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	21 di 30													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

4.3 CARATTERISTICHE DELLA TESTA DI SCAVO

La fresa TBM che scaverà le gallerie Grottaminarda-Melito 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 argilloso, localmente anche di elevata plasticità, nei passaggi entro la facies prettamente pelitica del Flysch Rosso (FYR)
- fronti misti con prevalenza di inclusi litoidi caciruditici anche caratterizzati da una certa continuità rispetto alla scala del fronte stesso e dotati di caratteristiche meccaniche medio-elevate (facies litofacies ruditica a matrice argilloso marnosa del Flysch Rosso - FYRcc), ovvero fronti caratterizzati dalla presenza diffusa di bancate calcaree, intervallate da livelli più marnosi (facies calcarea FYR2 del Flysch Rosso).

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). Rimandando ad approfondimenti successivi propri della fase costruttiva (procedure di scavo, organizzazione dei fermi di manutenzione), è allo stato attuale pianificato un primo fermo macchina per interventi sulla testa di scavo al termine del passaggio sotto la frana Grottaminarda, funzionale alla configurazione della testa per il successivo attraversamento dell'ultimo settore di galleria che vede la presenza diffusa di passaggi calcarei (installazione prevalente di dischi in luogo di utensili specifici per lo scavo di terreni soffici quali scrapers e rippers).

La testa di scavo sarà munita di grizzly bars sulle aperture (opening ratio prevista attorno al 40 %) per evitare l'ingresso in camera di scavo di elementi litoidi di dimensioni critiche; la coclea di estrazione sarà altresì concepita per mitigare possibili effetti abrasivi / danneggiamenti per la presenza di materiale calcareo nel muck. Sono previste linee di iniezione addizionali 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 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 inclusi rocciosi di dimensioni non compatibili con l'estrazione attraverso coclea dalla camera verso i nastri.

APPALTATORE: Consorzio <u>Soci</u>   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u>   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">22 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	22 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	22 di 30													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

4.4 CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI

Nell'ambito della Formazione del Flysch Rosso 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.

4.5 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 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.

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 23 di 30

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 Grottaminarda, ai quali sono correlate possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio:

Sottoattraversamento di un corpo di frana quiescente

Come anticipato, tra le progressive 3+900 e 4+250 circa il tracciato della galleria Grottaminarda risulta interferente con un esteso corpo di frana che si sviluppa dal fondovalle del Fiume Ufita fino alla quota di circa 400 metri s.l.m.. Lo spessore della coltre di frana è variabile da 6 a 22 m lungo lo sviluppo longitudinale della galleria; risultando pertanto ad una quota superiore di almeno 6-8 metri circa rispetto alla calotta della galleria in progetto. Il corpo di frana sembra caratterizzato da un sostanziale stato di quiescenza della porzione mediana e basale, mentre esistono indizi di recenti ri-attivazioni nella porzione sommitale.

La realizzazione della galleria Grottaminarda mediante TBM di tipo EPB consente, per le ragioni già precedentemente descritte, di contenere in modo significativo il detensionamento dell'ammasso all'intorno del cavo e, come conseguenza, la propagazione degli effetti tenso-deformativi verso la superficie di scorrimento della frana.

Quest'ultima dinamica, più evidente nel caso di scavo in tradizionale previsto nel progetto definitivo (per via dei maggiori volumi persi associati alle operazioni di scavo), rendeva necessaria l'introduzione del cunicolo drenante quale opera funzionale al ripristino delle condizioni di sicurezza del pendio rispetto alla situazione indisturbata (in assenza della perturbazione dovuta allo scavo della galleria). Come già richiamato, gli esiti delle analisi condotte (assumendo ipotesi congrue con gli scenari considerati nei documenti di calcolo del progetto definitivo), mostrano come l'impiego della TBM di tipo EPB, a parità di condizioni al contorno, limiti per sua natura il disturbo e l'alterazione del regime tenso-deformativo preesistente nel corpo di frana entro livelli significativamente inferiori a quelli attesi nello scenario di progetto definitivo (galleria scavata con metodo tradizionale) anche in assenza del cunicolo di drenaggio preventivo del corpo franoso che, pertanto, si configura come opera non più necessaria.

Possibile presenza di gas

Come già descritto la galleria Grottaminarda 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.

APPALTATORE: Consorzio  <u>Soci</u>  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u>  <u>Mandanti</u>  	<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;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">24 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	24 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	24 di 30													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato																		

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

Lo scavo della galleria Grottaminarda interessa porzioni di ammasso assimilabili per comportamento meccanico ad una argilla, in corrispondenza delle quali potrebbero manifestarsi fenomeni di rigonfiamento. Sulla base degli esiti delle prove effettuate in sede di PE, si stimano pressioni agenti sui rivestimenti definitivi per effetto del suddetto fenomeno nell'ordine dei 150-210 KPa (variabili in relazione alla facies interferita della formazione del Flysch Rosso).

La macchina è stata appositamente studiata per affrontare anche passaggi in contesti di questo genere, evitando rischi di intrappolamento. In particolare la TBM presenta una geometria troncoconica e una lunghezza tale 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 (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.

I rivestimenti infine sono stati dimensionati in modo tale da poter assorbire eventuali incrementi di sollecitazione derivanti da potenziali fenomeni di rigonfiamento.

Venute d'acqua in galleria

Lo scavo con una TBM con fronte in pressione permette di bilanciare la pressione dell'acqua sul fronte di scavo, impedendo l'innescarsi 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.

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.

APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria   	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO MD0000 001	REV. B	FOGLIO 25 di 30

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 che interessano entrambe le gallerie:

1. Le caratteristiche proprie della formazione del Flysch Rosso, ed in particolare della facies pelitica abbondante nella sua porzione superiore, determinano condizioni particolarmente impegnative per la conduzione dello scavo. Come sopra descritto, la parte pelitica di tale formazione, se soggetta a meccanismi di detensionamento, tende ad assorbire acqua ed a rammollire con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche producendo una modificazione del terreno in un materiale dalle scadenti caratteristiche fisico-meccaniche con inclusioni di argilla o marna ancora integre. Inoltre, la matrice pelitica mostra un comportamento reologico, con una spiccata tendenza a sviluppare deformazioni viscosi anche molto differite nel tempo. Tali aspetti strutturali e reologici comportano essenzialmente tre problematiche per l'avanzamento dello scavo:
 - a. Il comportamento coesivo della matrice pelitica potrebbe presentare fenomeni di clogging con conseguenti difficoltà nell'avanzamento;
 - b. La presenza di blocchi calcarei in matrice pelitica con differenti competenze potrebbe comportare la presenza di fronte misto. Inoltre, la presenza di blocchi rappresenta la possibilità di materiale eterogeneo in camera di scavo con problematiche in termini di usura e blocco della coclea.
 - c. La natura spingente dei materiali a grana fine potrebbe comportare l'incremento dello stato tensionale sul contorno dello scudo fino al blocco dello stesso a seguito, per esempio, di fermi prolungati della TBM.
2. 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 del Flysch rosso:
 - 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 disaggregazione dei materiali più teneri sul fronte di scavo impedendo che la matrice pelitica possa aderire alla superficie della testa.
 - b. L'ingresso di blocchi in camera sarà scongiurato dalla presenza di protezioni in

APPALTATORE: Consorzio   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>MD0000 001</td> <td>B</td> <td>26 di 30</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	26 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	B	26 di 30													

corrispondenza delle feritoie presenti sulla testa fresante. In questo modo solo blocchi di pezzatura adeguata entreranno nella camera di scavo e convogliati su nastro attraverso la coclea.

- c. Vista la natura spingente dei materiali attraversati, da cui 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.
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 del Flysch rosso 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 di

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 Relazione Scavo Meccanizzato	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 002	REV. B	FOGLIO 27 di 30

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. In corrispondenza delle trate interessate da presenza di blocchi/livelli lapidei, i parametri operativi della TBM saranno interessati da una variazione in termini di incremento della velocità di rotazione della testa, ed eventualmente un decremento della velocità di avanzamento, in modo da amplificare l'effetto fresante dei disc cutters sul fronte di scavo e ridurre lo smarino a pezzature di minori dimensioni.
 - c. 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 settori 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 atese 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 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 GN0100 002	REV. B	FOGLIO 28 di 30

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 provvisorie 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.

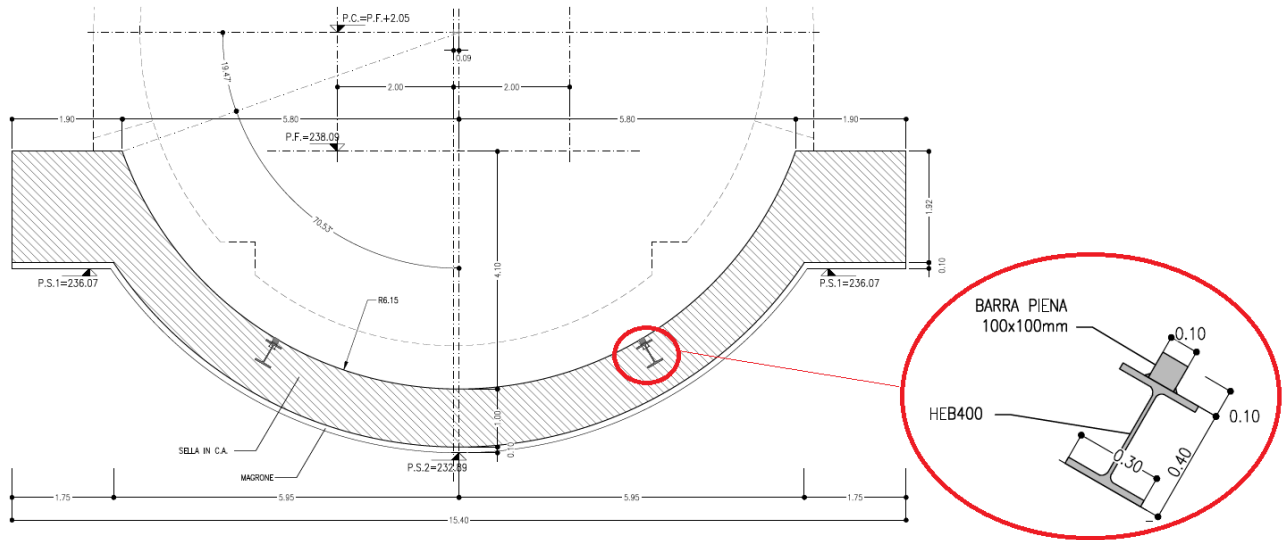


Figura 10 – Selle per traslazione TBM – Sezione e particolare binario

In particolare all'imbocco lato Bari la sella avrà un'estensione longitudinale di circa 62m e fungerà anche da piano di posa della macchina in fase di montaggio (i carri del back-up potranno invece essere montati, almeno parzialmente, anche sul piazzale retrostante, non necessitando di correre lungo una superficie curva).

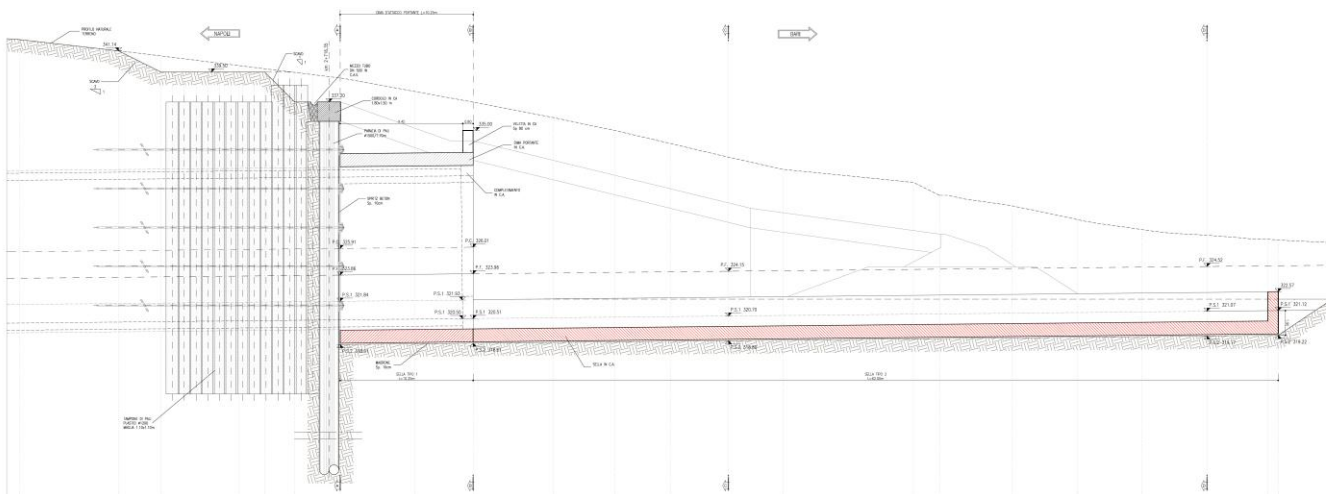


Figura 11 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Bari – Profilo longitudinale

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 GN0100 002	REV. B	FOGLIO 29 di 30
PROGETTO ESECUTIVO Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.						

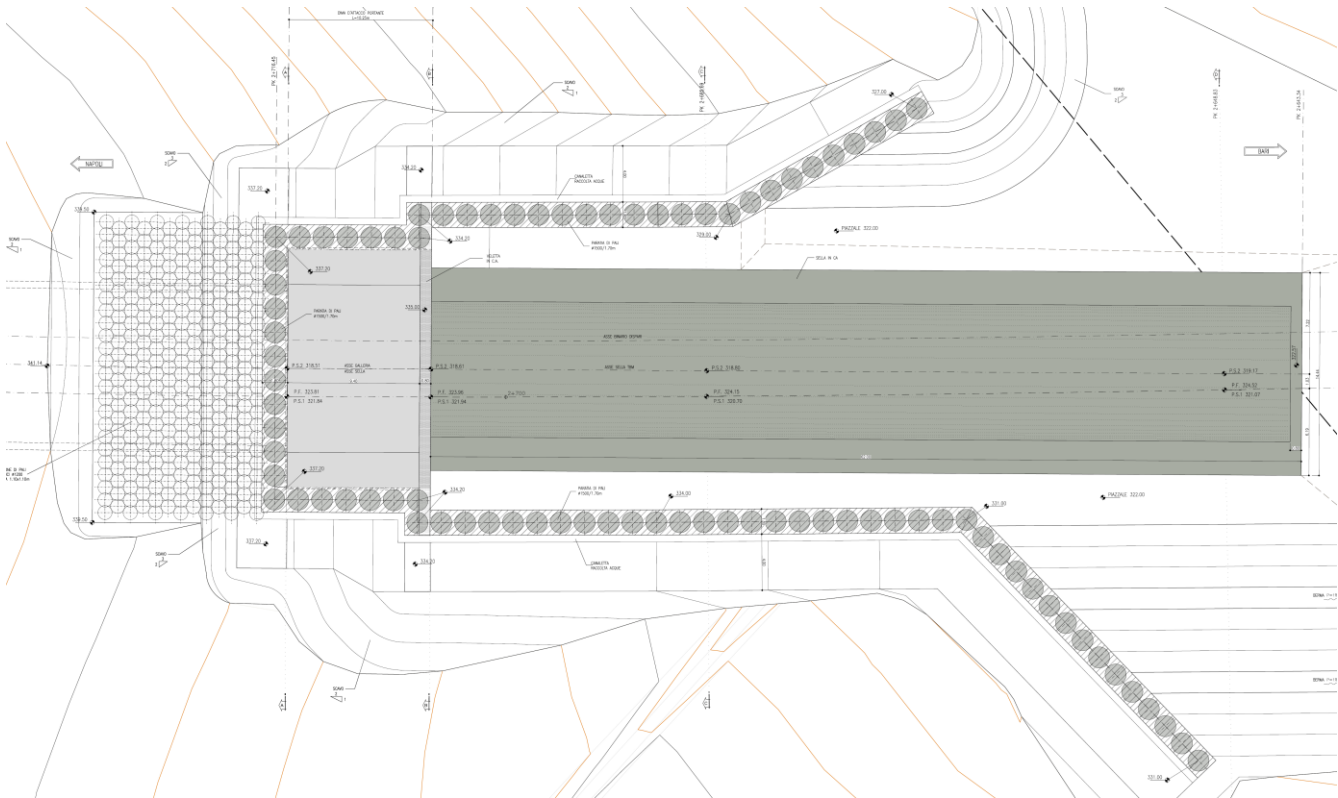


Figura 12 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Bari – Planimetria

In corrispondenza dell’imbocco lato Bari 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 Napoli, con una sella in c.a. di lunghezza pari a circa 61.5m, che consentirà lo scorrimento della TBM ed il suo montaggio.

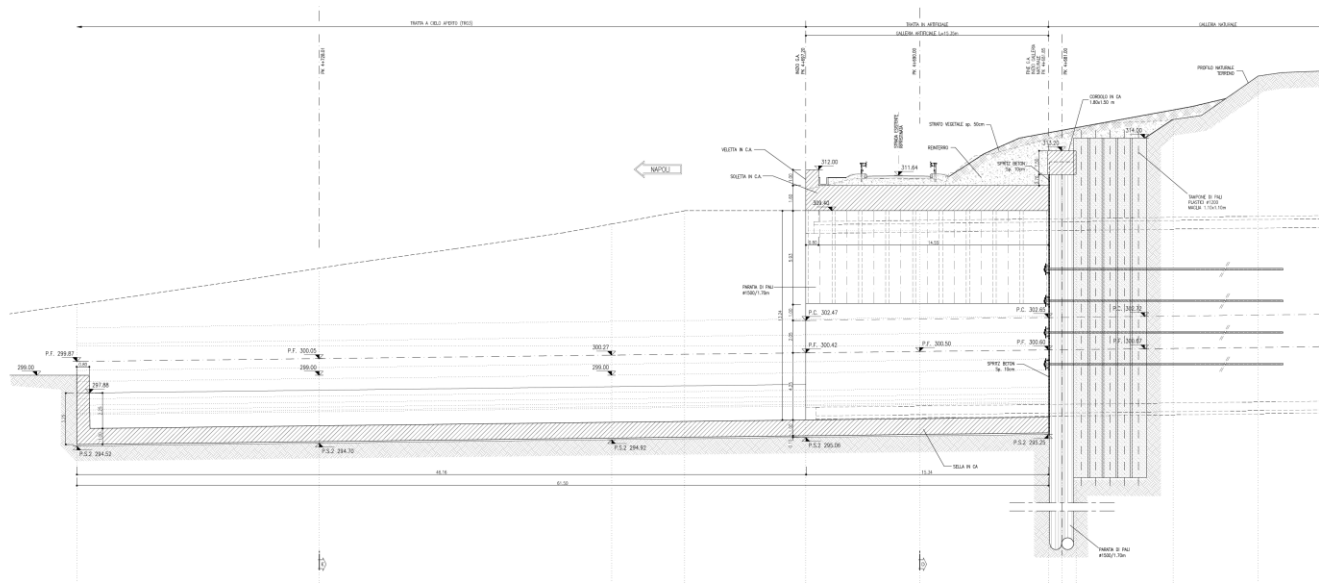


Figura 13 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Napoli – Profilo

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 GN0100 002	REV. B	FOGLIO 30 di 30



Figura 14 – Selle per traslazione TBM – Imbocco lato Napoli – Planimetria

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

Si rimanda alla nota tecnica allegata al presente documento per approfondimento delle procedure di scavo e le dotazioni specifiche previste per le differenti componenti tecniche e tecnologiche della macchina.