



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RG</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>MD0000 002</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>2 di 65</b>

## Indice

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO-GEOMECCANICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.	NOTE GENERALI.....	6
2.2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
2.3.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	7
2.3.1.	CONDUCIBILITÀ IDRAULICA DEGLI AMMASSI .....	7
2.3.2.	LIVELLO PIEZOMETRICO .....	7
2.3.3.	FENOMENI IDRICI ATTESI IN FASE DI SCAVO .....	7
2.4.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	8
2.5.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO- GEOMECCANICO .....	9
2.5.1.	NOTE INTRODUTTIVE.....	9
2.5.2.	MOLASSE DI ANZANO (ANZ2).....	9
2.5.3.	MOLASSE DI ANZANO (ANZ2A) .....	10
2.5.4.	FLYSCH Rosso (FYR) .....	11
2.5.5.	FLYSCH NUMIDICO (FYN) .....	13
2.5.6.	FORMAZIONE DELLA BARONIA – LITOFACIES ARGILLOSA (BNA2) .....	14
2.5.7.	FORMAZIONE DELLA BARONIA – LITOFACIES BNA1B.....	16
<b>3.</b>	<b>SCAVO MECCANIZZATO – COMPATIBILITA' ED IDONEITA' RISPETTO AL CONTESTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>17</b>
3.1.	INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOTECNICO.....	17
3.2.	INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO IDROGEOLOGICO .....	17
<b>4.</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE TBM .....</b>	<b>18</b>
4.1.	CENNI GENERALI ALLE ANALISI PRELIMINARI CONDOTTE.....	18
4.2.	TESTA DI SCAVO: DIAMETRO NOMINALE, EXTRASCAVI, CONFIGURAZIONE UTENSILI.....	18
4.3.	MAIN DRIVE, CONICITA' ED ARTICOLAZIONE SCUDO .....	19
4.4.	MODALITÀ DI AVANZAMENTO, PRESSIONI IN CAMERA DI SCAVO .....	19
4.5.	CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI.....	20
4.6.	SPINTE DELLA TBM.....	20
4.7.	DOTAZIONI SPECIALI .....	21
4.8.	GESTIONE DELLO SCAVO IN PRESENZA DI GAS .....	21
<b>5.</b>	<b>GALLERIA DI LINEA .....</b>	<b>23</b>
5.1.	RIVESTIMENTO IN CONCI PREFABBRICATI.....	23
5.1.1.	GEOMETRIA E CARATTERISTICHE MATERIALI .....	23

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 3 di 65

5.1.2. VALUTAZIONI STATICHE PRELIMINARI.....	23
5.2. RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO PREFABBRICATO.....	24
5.3. SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE DRENATE IN GALLERIA.....	24
5.4. ALLARGAMENTO PER VISIBILITA' SEGNALE .....	24
5.5. OPERE DI INNESTO CON LE FINESTRE.....	24
6. OPERE DI IMBOCCO .....	25
7. INTERAZIONE DELLO SCAVO MECCANIZZATO CON IL DEPOSITO DI FRANA AFFERENTE LA GALLERIA GROTTAMINARDA .....	26
7.1. INQUADRAMENTO PROGETTUALE.....	26
7.2. QUADRO CONOSCITIVO DEL CORPO DI FRANA DEL PROGETTO DEFINITIVO .....	27
7.3. APPROFONDIMENTI CONDOTTI IN FASE DI OFFERTA .....	28
7.3.1. RILIEVI, INDAGINI IN SITU ED ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO .....	28
7.3.2. NUOVO MODELLO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO DEL VERSANTE OGGETTO DI STUDIO .....	28
7.3.3. SCENARI EVOLUTIVI, POTENZIALI FATTORI DI INNESCO DEL MOVIMENTO.....	30
7.4. INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE DI PROGETTO ESECUTIVO.....	32
7.5. PIANO DI MONITORAGGIO .....	32
7.5.1. FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	32
7.5.2. CORSO D'OPERA .....	33
7.5.3. FASE DI ESERCIZIO DELLA LINEA .....	34
7.6. ANALISI PRELIMINARI PER LA VALUTAZIONE COMPARATIVA SCAVO TRADIZIONALE - SCAVO MECCANIZZATO .....	35
7.6.1. FINALITÀ DELLE ANALISI E PROCEDURA OPERATIVA .....	35
7.6.2. ANALISI NUMERICA SCENARIO CON SCAVO IN TRADIZIONALE .....	35
7.6.3. ANALISI NUMERICA SCENARIO CON SCAVO IN MECCANIZZATO .....	41
7.7. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	45
8. CANTIERIZZAZIONE E FASI DI LAVORO .....	48
8.1. LOGISTICA GENERALE, AREE DI CANTIERE E ACCESSO AREE DI LAVORO .....	48
8.1.1. ASPETTI GENERALI .....	48
8.1.2. OTTIMIZZAZIONE AREE DI CANTIERE .....	50
8.1.3. APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI E STOCCAGGIO CONCI .....	52
8.2. TRANSIZIONE TBM ATTRAVERSO IL VIADOTTO VI02 UFITA-MELITO .....	52
8.2.1. COMPATIBILITÀ DEI CARICHI DELLA TBM RISPETTO ALL'IMPALCATO DEL VIADOTTO UFITA MELITO .....	53
8.2.2. RISOLUZIONE DELLA INTERFERENZA CON IL BY-PASS VIARIO ALL'IMBOCCO GROTTAMINARDA LATO NAPOLI .....	56
8.3. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	57
8.3.1. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE .....	57
8.3.2. VOLUMI DI SCAVO .....	60
8.3.3. SITI DI DESTINAZIONE FINALE .....	60

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>4 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	4 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	4 di 65								

8.3.4. SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO .....	60
<b>9. SICUREZZA .....</b>	<b>60</b>
<b>10. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLE COMPONENTI AMBIENTALI.....</b>	<b>61</b>
<b>11. VALUTAZIONI SUL CRONOPROGRAMMA.....</b>	<b>62</b>
<b>12. VALUTAZIONI SUL QUADRO ECONOMICO .....</b>	<b>62</b>
<b>13. ASPETTI AUTORIZZATIVI .....</b>	<b>62</b>
13.1. AUTORIZZAZIONE GENERALE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE .....	62
13.2. AUTORIZZAZIONE PASAGGISTICA .....	63
13.3. VERIFICHE ARCHEOLOGICHE .....	63
13.4. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	64
<b>14. SINTESI DEI VANTAGGI DELLA SOLUZIONE PROPOSTA .....</b>	<b>65</b>

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">5 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	5 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	5 di 65								

## 1. PREMESSA

La presente relazione costituisce un allegato al documento Relazione di Sistema ed ha lo scopo di dettagliare ed approfondire le valutazioni qualitative e quantitative alla base della formulazione della proposta migliorativa di progetto esecutivo consistente nello scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito con TBM di tipo EPB, anziché con metodi tradizionali di consolidamento, scavo e rivestimento, come previsto nel progetto definitivo a base di gara.

Le gallerie Grottaminarda e Melito, entrambe a doppio binario, presentano, rispettivamente, uno sviluppo di 1990 m e 4510 m. Lo scavo delle tratte in naturale si estende per circa 1965 m nel caso della Grottaminarda e per 4414 m nel caso della Melito. Le coperture variano tra 5 m e 70 m per la Grottaminarda e tra 10 m e 125 m per la Melito.

La costruzione mediante TBM nei tempi prestabiliti delle gallerie Grottaminarda e Melito presuppone l'impiego di una seconda TBM, oltre a quella che realizzerà la galleria Rocchetta, che dovrà essere progettata appositamente per l'attraversamento dello specifico e particolare contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, con particolare riferimento alla formazione del Flysch Rosso presente sostanzialmente lungo l'intero sviluppo della galleria Grottaminarda e per oltre 2 km della galleria Melito.

Il cantiere di alimentazione di questa seconda TBM sarà ubicato in prossimità dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda in un'area che dovrà essere ampliata rispetto a quanto previsto nel progetto a base gara ed allestita a tale uso temporaneo. In questa area di cantiere arriveranno tutti i materiali necessari al funzionamento della TBM ed alla costruzione della galleria (in primis, i conci prefabbricati di rivestimento) e da qui verrà allontanato il marino derivante dallo scavo della galleria. Lo scavo delle due gallerie avverrà in continuità con la traslazione della TBM, opportunamente alleggerita mediante lo smontaggio di alcune sue parti, sul viadotto Melito. All'imbocco lato Napoli della galleria Melito sarà allestito il cantiere di arrivo della TBM, dove questa verrà smontata.

Nella presente Relazione vengono dettagliati gli aspetti tecnici connessi con la proposta di modifica migliorativa introdotta ed elencati e descritti i principali benefici derivanti dall'applicazione dello scavo meccanizzato allo specifico contesto e sinteticamente consistenti in:

- *vantaggi nell'interazione dello scavo con lo specifico il contesto geologico-geotecnico ed idrogeologico;*
- *riduzione del disturbo indotto dallo scavo della galleria Grottaminarda sul corpo di frana con essa interferente;*
- *miglioramento degli aspetti relativi alla sicurezza in fase di costruzione;*
- *miglioramento degli aspetti relativi all'ambiente;*
- *miglioramento degli aspetti relativi alla cantierizzazione;*
- *miglioramento degli aspetti operativi ed organizzativi del lavoro;*
- *vantaggi in termini di programma lavori;*
- *vantaggi in termini di quadro economico del progetto.*

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 6 di 65

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO-GEOMECCANICO

### 2.1. NOTE GENERALI

Si riportano a seguire le principali risultanze degli studi elaborati in fase di Progettazione Definitiva delle opere in argomento.

L'elaborazione dello studio geologico / geomorfologico di Progetto Esecutivo e gli approfondimenti di indagine previsti con la vasta Campagna Geognostica integrativa del Progetto Esecutivo consentiranno di raccogliere ulteriori e più specifici elementi conoscitivi funzionali all'accurata ricostruzione dei contesti geologici-geomorfologici e alla definizione del comportamento fisico – meccanico dei terreni e degli ammassi litoidi sui quali insisteranno le opere, coerentemente con gli scopi ed il livello di dettaglio della fase progettuale corrente.

### 2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Lo studio geologico del Progetto Definitivo ha individuato lungo il tracciato delle gallerie Grottaminarda e Melito le seguenti unità:

- **L'unità tettonica di Frigento**, rappresentata dal **Flysch Rosso- FYR** (Cretacico Superiore – Burdigaliano Superiore), costituito da argille marnose policrome; comprende una litofacies calcareo clastica (FYRa).
- **L'unità tettonica del Fortore** rappresentata dal **Flysch Numidico- FYN** (Burdigaliano Superiore - Langhiano) rappresentato litologicamente da quarzareniti in strati medi e spessi talora gradati.
- Le **unità sin-orogeniche** rappresentate unicamente dalla Formazione di Vallone Ponticello, **Molasse di Anzano - Membro di Flumeri - ANZ2** (Messiniano Superiore) costituite da arenarie alternate ad argille marnose; nella parte alta (**ANZ2a**) sono presenti argille marnose.
- **L'unità del Supersistema di Ariano Irpino**: nell'area in esame è rappresentato dalla Formazione della Baronia appartenente alla successione del ciclo sedimentario del Pliocene inferiore, che si suddivide in:
- **Membro dei conglomerati e delle sabbie di S. Sossio Baronia - BNA1** costituito da due litofacies principali, considerate eteropiche: la prima litofacies è formata da conglomerati cui si intercalano lenti di arenarie e sabbie (BNA1a); la seconda è formata da sabbie con intercalazioni siltoso-argillose (BNA1b).
- **Membro pelitico - arenaceo del F. Miscano - BNA2**: marne ed argille marnose di colore grigiastro.

Le gallerie Grottaminarda e Melito interessano principalmente la formazione del Flysch Rosso, nella sua porzione superiore, caratterizzata dalla presenza prevalente della facies pelitica. Essa è costituita essenzialmente da argille scagliose limo-sabbiose, a struttura complessa, caratterizzata da particolarità di vario genere che conferiscono all'ammasso caratteri di disomogeneità ed anisotropia, più specificatamente individuabili come corpi solidi (corpi argillosi o lapidei, lenti sabbiose). E' inoltre possibile il rinvenimento all'interno della formazione di sacche di gas.

La parte pelitica del Flysch Rosso, se soggetta a meccanismi di detensionamento, tende ad assorbire acqua ed a rammollire con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità. Il fenomeno ha inizio in prossimità delle fessure per poi progredire all'interno della massa producendo una modificazione del terreno in un materiale dalle scadenti caratteristiche fisico-meccaniche con inclusioni di argilla o marna ancora integre. Questi fenomeni di degrado sono fortemente condizionati da aspetti di natura chimica e sono esaltati se il terreno si trova a contatto con acqua distillata o comunque povera di ioni salini, in quanto la naturale acqua di porosità del Flysch Rosso si caratterizza per un'elevata concentrazione ionica (trattandosi di un terreno di origine marina).

I dati ad oggi disponibili relativamente alla facies pelitica del Flysch Rosso individuano chiaramente un terreno ad alta plasticità. La matrice pelitica ha pertanto un comportamento marcatamente reologico con una forte tendenza a sviluppare deformazioni viscosi, anche molto differite nel tempo. Tale aspetto, di cui si è già tenuto conto in questa prima fase di studio, necessiterà un approfondimento di indagine in fase di

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>7 di 65</b>

progetto esecutivo in quanto condizionante la spinta a lungo termine del terreno sul rivestimento delle gallerie.

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, sia in termini di sicurezza che in termini di necessità di consolidamenti, di dimensionamento dei rivestimenti provvisori e definitivi. Infatti, il Progetto Definitivo posto a base di gara prevedeva l'adozione massiccia di sezioni tipo di scavo e consolidamento dotate di puntone provvisorio in arco rovescio per contenimento dei fenomeni deformativi in fase di scavo/avanzamento, perseguendo per quanto possibile la limitazione degli effetti nell'ammasso indotti dal detensionamento associato all'apertura dello scavo.

L'impiego dello scavo meccanizzato mediante TBM di tipo EPB, in un tale contesto geologico e geotecnico, rispetto ad un sistema meccanizzato tradizionale di consolidamento scavo e rivestimento, ha il vantaggio 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.

## 2.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il contesto idrogeologico elaborato nel Progetto Definitivo è sintetizzabile negli aspetti salienti riportati nel seguito.

### 2.3.1. Conducibilità idraulica degli ammassi

In base alle indicazioni fornite dalle prove Lefranc eseguite in sito, la formazione FYR è caratterizzata da permeabilità medie  $k = 10^{-8} \div 10^{-9}$  m/s. Si riscontrano valori pari a  $k = 10^{-5}$  m/s riferiti a prove realizzate in corrispondenza di trovanti calcarei

I risultati delle prove di permeabilità eseguite nei fori di sondaggio mostrano che l'unità BNA2 è caratterizzata da permeabilità molto basse comprese tra:  $1 \times 10^{-9}$  m/s <  $k < 1 \times 10^{-8}$  m/s

I valori di permeabilità determinati dall'elaborazione delle prove edometriche hanno fornito, come atteso, valori di permeabilità inferiori, pari a circa  $1 \times 10^{-11}$  m/s. Peraltro, la formazione argillosa alle profondità interessate dallo scavo ha le caratteristiche proprie di una roccia tenera, la cui permeabilità è prevalentemente condizionata dalle caratteristiche strutturali più che dalla porosità.

### 2.3.2. Livello piezometrico

Lungo il tracciato della galleria Grottaminarda le misure piezometriche mostrano livelli piezometrici compreso tra i 2 ed i 30 metri dal piano campagna. I livelli più bassi sono stati riscontrati nella parte di tracciato compreso tra le pk 3+200 e 3+600. I livelli piezometrici lungo il tracciato della Galleria Melito si mantengono a circa 10 m. dal piano campagna, tranne nel tratto tra pk 8+500 e pk 8+900, dove il piezometro S15 indica livello piezometrico a 50 m dal piano campagna

### 2.3.3. Fenomeni idrici attesi in fase di scavo

Il potenziale rischio di venute d'acqua in fase di scavo della galleria Grottaminarda è stato definito, in seno al PD, in funzione dei principali caratteri idrogeologici delle formazioni di interesse. Tale rischio dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati, dal carico idraulico e dall'eventuale presenza di zone di faglia e di discontinuità. In particolare, le formazioni a permeabilità maggiore, ma comunque medio - bassa ( $10^{-6}$  m/s <  $k < 10^{-7}$  m/s) presenti nella tratta, in studio, sono rappresentate dalle seguenti formazioni:

Molasse di Anzano (ANZ2), nella facies prevalentemente costituita da arenarie scarsamente cementate, presenti nella Galleria Grottaminarda, nel tratto a basse coperture dopo l'imbocco lato Bari.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>8 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	8 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	8 di 65								

Formazione del Flysch Numidico (FYN), presente nella Galleria Grottaminarda nel tratto a basse coperture dopo l'imbocco lato Napoli.

Considerati i valori di permeabilità e i livelli piezometrici il rischio di venute d'acqua in fase di scavo è basso o nullo.

Con riferimento allo scavo della galleria Melito, in particolare, le formazioni a permeabilità maggiore, ma comunque medio - bassa ( $10^{-6} \text{ m/s} \leq K \leq 10^{-7} \text{ m/s}$ ) è rappresentata dalle Formazione del Flysch Rosso – Membro Calcareo (FYR2), presente tra le p.k. 6+600,00 e 7+300,00 circa. Considerati i valori di permeabilità e i livelli piezometrici il rischio di venute d'acqua in fase di scavo è basso o nullo.

## 2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il rilievo entro cui è prevista la galleria Grottaminarda è solcato al piede dal F. Ufita, ed è costituito dai termini argillosi e calcarei del Flysch Rosso e delle Molasse di Anzano. La presenza di questi litotipi, in particolare delle facies più argillose oltre la pk 3+600, si manifesta spesso in superficie con la presenza di dissesti di versante.

Tra le progressive km 3+900 e 4+250 la galleria sottoattraversa un versante, costituito dalle argille del Flysch Rosso, sul quale lo studio geomorfologico ha evidenziato la presenza di un esteso corpo di frana. Sulla base delle osservazioni di dettaglio dalle carote prelevate dai sondaggi e delle caratteristiche geotecniche determinate in laboratorio, è stato possibile individuare uno spessore di materiale con caratteristiche geotecniche tali da poter essere attribuite a materiale di frana. Tali determinazioni insieme ai segni morfologici rilevati in sito e con l'esame del rilievo Lidar hanno consentito di definire uno spessore del corpo di frana, variabile tra 6 e 19 metri circa lungo lo sviluppo longitudinale della galleria.

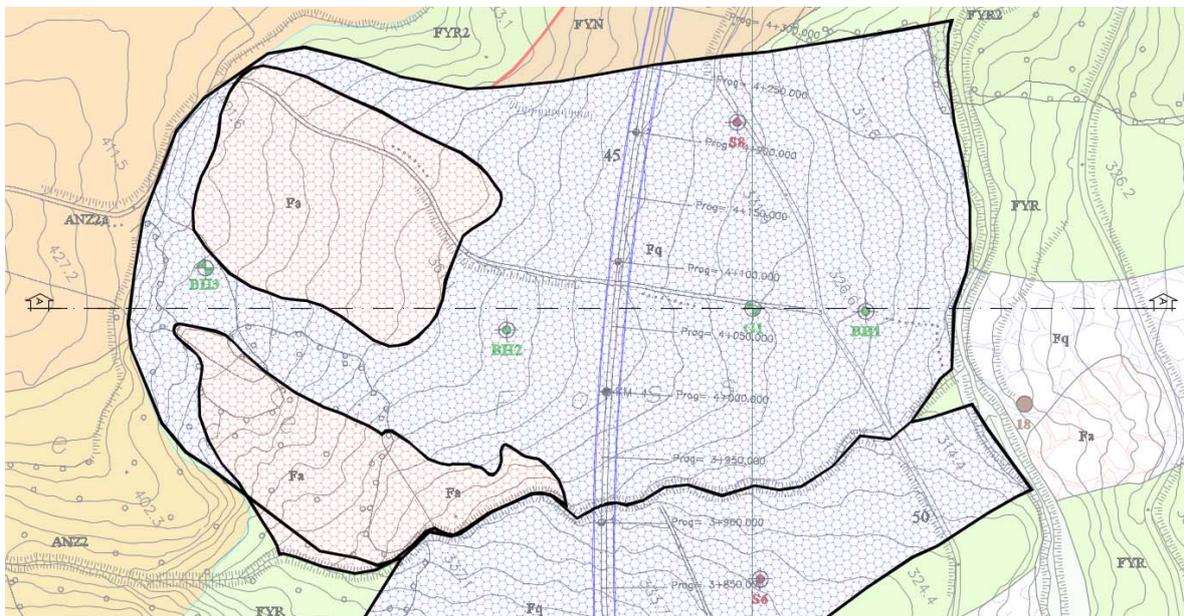


Figura 1 Galleria Grottaminarda - Estratto da carta geomorfologica (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.)

Il primo tratto della galleria Melito, a partire dall'imbocco alla pk 5+090, è impostato sui terreni argillitici del Flysch Rosso (FYR). Tra le pk 5+150 e 5+330 il tracciato sotto attraversa un corpo di frana quiescente.

Tra le pk 7+200 e 7+600 è presente in superficie un deposito di frana quiescente per colamento lento, in questo tratto le coperture della galleria sono superiori a 80 metri.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>9 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	9 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	9 di 65								

Tra le pk 7+900 e 8+500 circa è presente un deposito di frana attiva per scivolamento roto-traslativo; le coperture della galleria nei tratti in oggetto risultano superiori a 100 metri.

## 2.5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO- GEOMECCANICO

### 2.5.1. Note introduttive

Si riportano a seguire le principali risultanze della caratterizzazione geotecnica-geomeccanica delle formazioni interagenti con le opere in progetto, elaborata nell'ambito del Progetto Definitivo. Gli approfondimenti di indagine previsti con la vasta Campagna Geognostica integrativa del Progetto Esecutivo consentiranno di raccogliere ulteriori e più specifici elementi conoscitivi funzionali all'accurata definizione del comportamento fisico – meccanico dei terreni e degli ammassi litoidi sui quali insisteranno le opere, coerentemente con gli scopi ed il livello di dettaglio della fase progettuale corrente.

### 2.5.2. Molasse di Anzano (ANZ2)

Le Molasse di Anzano **ANZ2** sono costituite da arenarie alternate ad argille, argille marnose.



**Sondaggio S5: Cassetta n. 4 da 15.0 a 20.0 m**

Il peso dell'unità di volume è variabile tra  $17 \div 21 \text{ KN/m}^3$ . Le prove di taglio diretto eseguite sui campioni indisturbati hanno fornito i seguenti valori di angolo di attrito e coesione variabili:

$$10 \leq c' \leq 25 \text{ KPa}$$

$$22^\circ \leq \varphi' \leq 35^\circ$$

Una prova dilatometrica, eseguita nella formazione a profondità di 22,5 metri, in corrispondenza di uno strato di arenarie, ha fornito valori del modulo elastico E pari a circa 400 MPa. Nelle zone di imbocco, per tenere conto della presenza della coltre superficiale, individuata dalle indagini sismiche a rifrazione eseguite in prossimità dell'area di imbocco della Galleria, che mostrano valori di velocità delle onde di compressione

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 10 di 65

inferiori a 1000 m/s fino a circa 10 metri di profondità dal piano campagna si è assunto un valore del modulo elastico pari a 100 MPa.

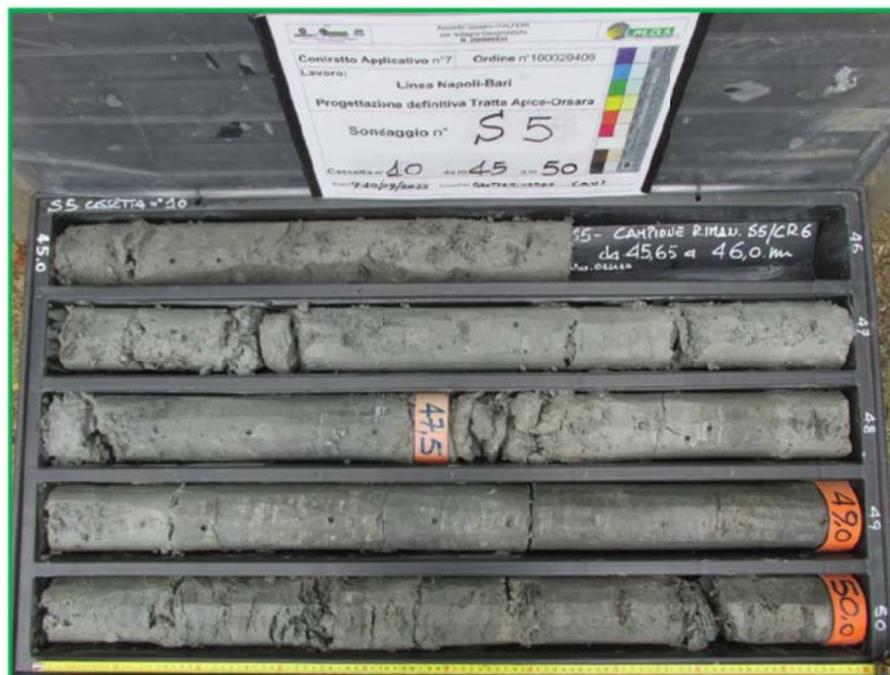
L'analisi dei dati a disposizione ha condotto alla definizione dei seguenti intervalli di valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità ANZ2:

Formazione	Profondità da p.c.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	E'
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
ANZ2	0-30	20 ÷ 21	10 ÷ 20	<b>35</b>	<b>00</b>

Formazione ANZ2 – Riepilogo parametri geotecnici

### 2.5.3. Molasse di Anzano (ANZ2a)

Le Molasse di Anzano **ANZ2a** sono costituite, nella parte alta della formazione, da argille marnose, classificabili come argille limose e limi argillosi molto consistenti.



Sondaggio S5: Cassetta n. 10 da 45.0 a 50.0 m

Le analisi granulometriche sui campioni prelevati nelle campagne di indagine hanno infatti evidenziato una percentuale di argilla compresa tra il 26% e il 56%, una percentuale di limo compresa tra il 33% e il 67% e percentuali di sabbia mai superiori al 7%

Il peso dell'unità di volume è variabile tra 18,5 ÷ 21,5 KN/m<sup>3</sup> mentre il peso di volume secco è compreso tra 15,8 e 19,0 KN/m<sup>3</sup>; il peso specifico è variabile tra 26 ÷ 27,5 KN/m<sup>3</sup>.

Il contenuto d'acqua risulta compreso tra il 14% ed il 28% I limiti di Atterberg risultano variabili nei range riportati di seguito

- Limite di plasticità: 20%÷25%
- Limite di liquidità: 45% ÷90%

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>11 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	11 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	11 di 65								

- Indice di Plasticità: 20%÷70%

Le caratteristiche meccaniche della formazione ANZ2a sono state definite mediante prove eseguite in sito ed in laboratorio.

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati determinati con prove di taglio diretto e prove triassiali CIU:. Sulla base di tali risultati sono stati definiti i seguenti intervalli di valori:

per profondità  $0 < z < 20$  m:

$$10 \leq c' \leq 30 \text{ KPa}$$

$$18 \leq \varphi' \leq 25^\circ$$

per profondità  $z > 20$  m:

$$20 \leq c' \leq 30 \text{ KPa}$$

$$24 \leq \varphi' \leq 28^\circ$$

Per la stima dei parametri di deformabilità del materiale è stata valutata la velocità delle onde di taglio, Vs, a partire dai valori misurati nelle prove geofisiche del tipo Down Hole e MASW. Le prove eseguite mostrano valori di Vs mediamente pari 200 ÷ 400 m/s fino a profondità di circa 15÷ 20 m, e valori compresi tra 400 m/s e 800 m/s circa per profondità superiori e fino ai 30 m. Sulla base dei dati disponibili sono stati definiti i seguenti valori del modulo elastico E:

$$20 \leq E \leq 100 \text{ MPa} \quad \text{per } 0 \leq z \leq 20 \text{ m}$$

$$100 \leq E \leq 450 \text{ MPa} \quad \text{per } 20 \leq z \leq 30 \text{ m}$$

La permeabilità, definita da prove Lefranc, è pari a  $k = 1 \times 10^{-8}$  m/s.

La caratterizzazione geotecnica, condotta sulla base delle indagini e prove descritte nei paragrafi precedenti, ha condotto alla definizione dei seguenti intervalli di valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità:

**Formazione ANZ2a – Riepilogo parametri geotecnici**

<i>Formazione</i>	<i>Profondità da p.c.</i>	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	$E'$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
ANZ2A	0-20	18 ÷ 21	10 ÷ 30	18 ÷ 25	50 ÷ 100
ANZ2A	20-40	18 ÷ 21	20 ÷ 30	24 ÷ 28	100 ÷ 450

#### 2.5.4. Flysch Rosso (FYR)

L'Unità definita Flysch Rosso (FYR) è costituita da terreni argillosi classificabili come argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi, con la frequente presenza di clasti calcarei di dimensioni centimetriche, immersi nella matrice argillosa. Le argille sono caratterizzate da una struttura scagliosa, che suddivide il materiale argilloso in elementi (scaglie) di piccole dimensioni.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>						
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">REV. A</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 12 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 12 di 65
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 12 di 65		



**Sondaggio S6: Cassetta n. 7 da 30.0 a 35.0 m**

Il peso dell'unità di volume è variabile tra  $19 \div 20 \text{ KN/m}^3$  fino a 25 metri dal piano campagna e tra  $20 \div 22 \text{ KN/m}^3$  alle profondità maggiori. Il peso specifico è variabile tra  $26 \div 27.5 \text{ KN/m}^3$ .

Il contenuto naturale d'acqua risulta compreso tra il 15% ed il 38% nei primi 25 metri di profondità, diminuisce al crescere della profondità fino a valori compresi tra 10% e 25% .

I limiti di Atterberg risultano variabili nei range riportati di seguito

- Limite di plasticità:  $20\% \div 30\%$
- Limite di liquidità:  $40\% \div 100\%$
- Indice di Plasticità:  $20\% \div 60\%$

I valori maggiori dell'indice di plasticità si riscontrano nei primi 25 metri di profondità. Il materiale è molto consistente: l'indice di consistenza è compreso tra 0,80 e 1,40

Le caratteristiche meccaniche sono state definite mediante prove in sito e prove di laboratorio. I parametri di resistenza sono stati determinati da prove di taglio diretto e prove triassiali CIU e CID, definendo i seguenti intervalli di valori:

per profondità  $z < 20 \text{ m}$ :

$$10 \leq c' \leq 30 \text{ KPa} \qquad 16^\circ \leq \varphi' \leq 20^\circ$$

per profondità  $z > 20 \text{ m}$ :

$$20 < c' < 35 \text{ KPa} \qquad 18^\circ < \varphi' < 25^\circ$$

I dati relativi alla coesione non drenata, ricavati da 6 prove di tipo triassiale UU, , e mostrano valori compresi tra 400 e 600 KPa a profondità compresi tra 20 e 40 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>13 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	13 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	13 di 65								

I parametri di deformabilità sono stati ricavati da prove dilatometriche eseguite nei fori di sondaggio G2 e G3: le prove forniscono valori del modulo di elasticità E compresi tra 300 e 400 MPa per profondità superiori ai 50 m. I valori della velocità delle onde di taglio misurate nelle prove Down Hole crescono con la profondità e sono variabili in un range tra 170 e 400 m/s; nei primi 8 metri di profondità i valori di Vs sono compresi tra 170 e 290 m/s, per profondità maggiori il range di variazione è compreso tra 290 e 700 m/s.

L'insieme dei dati ha consentito di definire il seguente intervallo di variazione del modulo elastico:

$20 \leq E \leq 160$  MPa per  $0 \leq z \leq 20$  m;

$160 \leq E \leq 400$  MPa per  $20 \leq z \leq 40$  m

$260 \leq E \leq 400$  MPa per  $z > 40$  m

Le caratteristiche di deformabilità dei materiali di coltre, di alterazione del sottostante substrato argilloso o di accumulo di frana, sono state definite mediante prove pressiometriche (eseguite nei sondaggi G1 e G2), tra le profondità di 5 m e 35 m circa. Le prove forniscono valori del modulo di elasticità compreso nell'intervallo  $10 \leq E \leq 40$  MPa

In base alle indicazioni fornite dalle prove Lefranc eseguite in sito, la formazione FYR è caratterizzata da permeabilità medie  $k = 10^{-8} \div 10^{-9}$  m/s. Si riscontrano valori pari a  $k = 10^{-5}$  m/s riferiti a prove realizzate in corrispondenza di trovanti calcarei

La caratterizzazione geotecnica, condotta sulla base delle indagini e prove descritte, ha condotto alla definizione dei seguenti intervalli di valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità:

Formazione	Profondità da p.c.	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$c_u$	$E'$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[MPa]
FYR	0 -25	19 ÷ 20	10 ÷ 30	16 ÷ 20	40 ÷ 200	20 ÷ 160
FYR	20 -40	20 ÷ 22	20 ÷ 35	18 ÷ 24	400 ÷ 580	200 ÷ 400
FYR	40 -80	20 ÷ 22	20 ÷ 35	20 ÷ 26	> 400	260 ÷ 400

**Flysch Rosso (FYR) – parametri geotecnici**

### 2.5.5. Flysch Numidico (FYN)

La formazione del Flysch Numidico è presente lungo il tracciato della galleria solo all'imbocco lato Napoli. Il sondaggio eseguito all'imbocco (M2) ha evidenziato un primo strato di circa 11 m di spessore caratterizzata dalla presenza di ghiaia e ciottoli, al di sotto del quale è stata rinvenuta uno strato di sabbia da addensata a molto addensata, con intercalati livelli marnosi e con la presenza di trovanti.

Le misure piezometriche mostrano livelli piezometrici compreso tra i 2 ed i 30 metri dal piano campagna. I livelli più bassi sono stati riscontrati nella parte di tracciato compreso tra le pk 3+200 e 3+600.

L'interpretazione delle prove SPT eseguite nel foro di sondaggio ha consentito di valutare:

- la densità relativa della formazione che risulta superiore all'80%;
- l'angolo d'attrito, variabile tra 32° e 35°, secondo la correlazione di De Mello
- il valore del modulo elastico E, dalla correlazione di De Mello.

Dall'analisi dei dati a disposizione si definiscono i seguenti valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità FYN:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>						
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA IF28</td> <td>LOTTO 01</td> <td>CODIFICA E ZZ RG</td> <td>DOCUMENTO MD0000 002</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 14 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 14 di 65
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 14 di 65		

<i>Formazione</i>	<i>Profondità da p.c.</i>	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E'$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
FYN	0-30	20 ÷ 21	0 ÷ 10	32 ÷ 36	55 ÷ 90

FYN – Riepilogo parametri geotecnici

### 2.5.6. Formazione della Baronia – litofacies argillosa (BNA2)

Lo scavo della Galleria Rocchetta interessa per quasi tutto il suo sviluppo longitudinale le “marne e argille marnose” dell’Unità BNA2 (Membro pelitico - arenaceo del F. Miscano). Infatti, i nuovi dati provenienti dal sondaggio G6, eseguito nella campagna di indagine del 2017, hanno permesso di reinterpretare le informazioni dei sondaggi PNIF61G3 e PNIF61G36, eseguiti nella campagna 2008, ricostruendo con maggior dettaglio il contatto stratigrafico tra la formazione BNA2 e la formazione BNA3. Da ciò è stato possibile accertare che lo scavo della galleria Rocchetta interesserà l’Unità BNA2 per un’estensione maggiore rispetto a quanto noto nel progetto preliminare.

Le indagini in sito e in laboratorio hanno mostrato che la formazione BNA2 presenta prevalentemente le caratteristiche di una argilla marnosa consistente, che ad elevate profondità assume le caratteristiche proprie di una roccia tenera.



Le analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati dai fori di sondaggio mostrano la prevalenza dei termini limo-argillosi e subordinatamente sabbiosi; dal punto di vista granulometrico tale materiale è classificabile come limo con argilla debolmente sabbioso. Le analisi granulometriche sono state eseguite anche sui campioni con caratteristiche litoidi, previa destrutturazione del materiale in laboratorio.

Il peso dell’unità di volume è variabile tra 20 ÷ 22 KN/m<sup>3</sup> fino a circa 30 metri di profondità; in particolare i dati riportati nel grafico per tali profondità si riferiscono ai campioni prelevati nei sondaggi realizzati nelle aree di imbocco della Galleria Rocchetta lato Bari e Galleria Melito lato Napoli. A profondità superiori ai 30

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>15 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	15 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	15 di 65								

metri il peso di volume della formazione è variabile tra 23 e 25 KN/m<sup>3</sup>. Il peso specifico è variabile tra 25.5 ÷ 27.5 KN/m<sup>3</sup>

Il contenuto naturale d'acqua fino a 15 m di profondità dal piano campagna è compreso tra il 10% e il 20%; a profondità maggiori è pari a circa il 5%, con valori anche inferiori alle massime profondità di interesse (250-300 m).

I limiti di Atterberg risultano variabili nei seguenti intervalli di valore

per profondità fino a 30m dal piano campagna:

- Limite di plasticità: 17%÷25%
- Limite di liquidità: 40%÷72%
- Indice di Plasticità: 25%÷48%

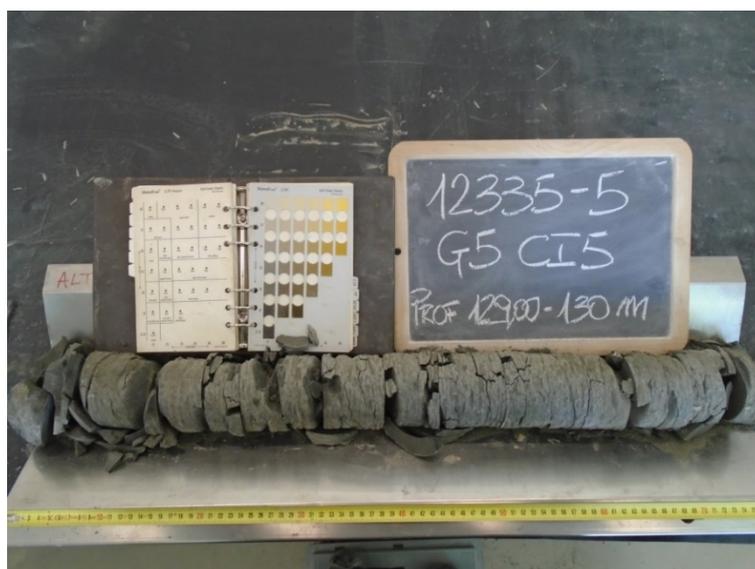
per profondità superiori a 30 metri dal piano campagna:

- Limite di plasticità: 17%÷18%
- Limite di liquidità: 28% ÷40%
- Indice di Plasticità: 16%÷24%

L'indice di consistenza I<sub>c</sub> assume valori sempre superiori all'unità; a partire da 100 metri di profondità I<sub>c</sub> assume valori prossimi o superiore a 2.

La prova di reazione con acido cloridrico eseguita sui campioni di laboratorio ha mostrato sempre una forte reazione al contatto con l'acido; le prove eseguite per la determinazione del contenuto di carbonato di calcio, hanno fornito valori compresi tra 200 e 240 g/kg, ovvero 20 ÷24% di CaCO<sub>3</sub> in peso. I dati si riferiscono a campioni prelevati a profondità tra 20 e 30 metri dal piano campagna nel sondaggio G5bis.

Il materiale ha presentato difficoltà di preparazione di provini da sottoporre a prove di laboratorio, a causa della predisposizione della roccia a separarsi naturalmente 'in dischi' al momento dell'estrazione del campione indisturbato dalla fustella



**BNA2 – Fratturazione 'in dischi' dei campioni estratti da fustella.**

Le prove di compressione in cella triassiale sono state eseguite su campioni prelevati a diverse profondità; i risultati delle prove sono stati interpretati con due interpolazioni, una per le coperture comprese tra 50 e 200 m, una per coperture comprese tra 200 e 400 m.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 16 di 65

In corrispondenza degli imbocchi ed alle basse coperture inferiori ai 50 metri, le stratigrafie dei sondaggi mostrano la presenza di uno strato di alterazione delle argille dell'Unità BNA2.

Al fine di individuare il potenziale di rigonfiamento sono state eseguite le seguenti prove in cella edometrica:

- prove di rigonfiamento libero;
- prove di rigonfiamento impedito con valutazione della pressione di rigonfiamento;
- prove di rigonfiamento tipo Huder Amberg;

I risultati delle prove Huder Amberg mostrano che la formazione BNA2 ha un comportamento potenzialmente rigonfiante; le prove a rigonfiamento impedito in cella edometrica hanno fornito valori medi di pressione di rigonfiamento compresi tra 250 e 350 KPa.

I risultati delle prove di permeabilità eseguite nei fori di sondaggio mostrano che l'unità BNA2 è caratterizzata da permeabilità molto basse comprese tra:

$$1 \times 10^{-9} \text{ m/s} < k < 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

I valori di permeabilità determinati dall'elaborazione delle prove edometriche hanno fornito, come atteso, valori di permeabilità inferiori, pari a circa  $1 \times 10^{-11}$  m/s.

Peraltro, la formazione argillosa alle profondità interessate dallo scavo ha le caratteristiche proprie di una roccia tenera, la cui permeabilità è prevalentemente condizionata dalle caratteristiche strutturali più che dalla porosità.

La caratterizzazione geotecnica, sulla base delle indagini e prove descritte nei paragrafi precedenti, ha condotto alla definizione dei seguenti intervalli di valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità BNA2:

Unità	Copertura (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c (kPa)	E (MPa)	$\sigma_{ci}$ (MPa)
<b>BNA2</b>	p.c ÷ 50	20 ÷ 22	22 ÷ 25	20 ÷ 30	200 ÷ 600	---
	50 ÷ 200	23 ÷ 24	26 ÷ 31	500 ÷ 1300	400 ÷ 800	4 ÷ 6
	200 ÷ 300	23 ÷ 24	31 ÷ 38	1300 ÷ 2300	600 ÷ 2600	6 ÷ 12
	300 ÷ 400	23 ÷ 24	31 ÷ 38	1300 ÷ 2300	1800 ÷ 2600	6 ÷ 12

**Formazione BNA2 – Riepilogo parametri geotecnici**

### 2.5.7. Formazione della Baronia – litofacies BNA1b

La galleria Rocchetta interessa l'Unità BNA1b (sabbie con intercalazioni argillose) della Formazione della Baronia solo nella zona di imbocco lato Napoli; è inoltre presente nelle zone di imbocco degli accessi/uscite di emergenza F4 ed F5.

I sondaggi eseguiti all'imbocco della galleria Rocchetta (S21, G13) hanno intercettato tale formazione per uno spessore di circa 8m, caratterizzato da arenarie (S21) e sabbie (G13), al di sotto del quale sono state rinvenute le argille marnose dell'Unità BNA2.

Dall'analisi dei dati a disposizione si definiscono i seguenti valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici per l'Unità BNA1b:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>17 di 65</b>

<i>Formazione</i>	<i>Profondità da p.c.</i>	$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	$E'$
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[MPa]
BNA1b	0-8	20 ÷ 21	0 ÷ 10	35 ÷ 40	30 ÷ 75

**BNA1b – Riepilogo parametri geotecnici**

### **3. SCAVO MECCANIZZATO – COMPATIBILITA' ED IDONEITA' RISPETTO AL CONTESTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO**

#### **3.1. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOTECNICO**

La formazione del Flysch Rosso è costituita essenzialmente da argille scagliose limoso-sabbiose con una struttura articolata caratterizzata da particolarità di vario genere, più specificamente consistenti nella presenza frequente di corpi argillosi, elementi lapidei o lenti di sabbia, che conferiscono all'ammasso disomogeneità ed anisotropia di comportamento.

La parte pelitica della formazione del Flysch Rosso, se soggetta a fenomeni di detensionamento, tende ad assorbire acqua e a rammollire, con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità. Il fenomeno ha inizio in prossimità delle fessure per poi progredire all'interno della massa producendo una modificazione del terreno in un materiale dalle scadenti caratteristiche fisico-meccaniche con inclusioni di argilla o marna ancora integre. La matrice pelitica mostra un comportamento reologico, con una spiccata tendenza a sviluppare deformazioni viscosse anche molto differite nel tempo.

Ne consegue che lo scavo di gallerie nella suddetta formazione, specie nella sua *facies* pelitica, è caratterizzata da condizioni molto impegnative sia in termini di sicurezza che di necessità di consolidamenti e di dimensionamento dei rivestimenti provvisori e definitivi.

L'impiego dello scavo meccanizzato mediante TBM di tipo EPB ha, in un tale contesto geologico e geotecnico, rispetto ad un sistema meccanizzato tradizionale di consolidamento, scavo e rivestimento, il vantaggio di ridurre in maniera significativa il detensionamento nell'ammasso sia per effetto della contropressione esercitata al fronte di scavo che dell'immediata posa in opera del rivestimento definitivo in anelli di conci prefabbricati con contestuale riempimento del vuoto anulare tra estradosso del rivestimento e sagoma di scavo effettuato mediante miscela bicomponente a rapido indurimento.

#### **3.2. INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO IDROGEOLOGICO**

Lo scavo con TBM di tipo EPB consente nello specifico contesto di minimizzare il disturbo sugli acquiferi interessati dalla realizzazione delle gallerie, per i motivi di seguito elencati:

- possibilità di avanzare con la costruzione della galleria applicando una contropressione al fronte che, bilanciando la spinta litostatica ed idraulica, ne annulla il gradiente evitando l'innesco di moti di filtrazione;
- possibilità di intasare il vuoto anulare tra l'estradosso del rivestimento delle gallerie e la sagoma di scavo con una miscela impermeabile;
- possibilità di avere un'elevata impermeabilità del rivestimento sia per effetto delle caratteristiche intrinseche del calcestruzzo utilizzato che delle guarnizioni di tenuta tra conci adiacenti.

Sulla scorta delle prime valutazioni e calcolazioni effettuate, nelle more dei naturali sviluppi progettuali che seguiranno al completamento della campagna di indagini geognostiche di progetto esecutivo con successivo aggiornamento del quadro geologico/idrogeologico e finalizzazione della caratterizzazione geotecnica-geomeccanica degli ammassi interagenti con le gallerie, è stato elaborato uno scenario operativo/esecutivo

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">18 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	18 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	18 di 65								

che esclude effetti perturbativi apprezzabili indotti dallo scavo sul regime idrogeologico, sia in fase di avanzamento della TBM, sia in fase di esercizio dell'opera (essendo previste gallerie dotate di impermeabilizzazione full round e prive di sistemi di drenaggio delle acque di circolazione entro l'ammasso).

## 4. SPECIFICHE TECNICHE TBM

### 4.1. CENNI GENERALI ALLE ANALISI PRELIMINARI CONDOTTE

La proposta migliorativa prevede l'adozione della tecnica di scavo meccanizzato delle gallerie Grottaminarda e Melito ricorrendo a TBM tipo EPB. Si è individuata una medesima macchina per l'esecuzione dello scavo di entrambe le gallerie, alla luce del comune quadro geomeccanico e contesto morfologico.

Nei paragrafi che seguono si fornisce un primo inquadramento degli aspetti tecnici/tecnologici salienti dello scavo meccanizzato proposto per le opere in argomento.

Le valutazioni a carattere quantitativo (stima preliminare degli extra-scavi richiesti, delle spinte macchina in condizioni di avanzamento ordinario ed eccezionale/ripartenza) sono state elaborate sulla base dei primi risultati scaturiti da analisi di interazione ammasso / scudo in grado di cogliere la tridimensionalità dei fenomeni tenso – deformativi che intervengono appunto a livello del nucleo-fronte e dello scudo immediatamente posto in successione. Tali analisi sono state condotte mediante il software di calcolo GV4 (SialTec), identificando le sezioni più rappresentative lungo il tracciato della galleria Grottaminarda e della Galleria Melito, sia in termini geologici / geomeccanici, sia con riferimento alle coperture. Si sono assunte caratteristiche meccaniche medie nell'ambito degli intervalli di variazione identificati con la caratterizzazione geotecnica/geomeccanica attuata nel Progetto Definitivo.

Le succitate analisi, condotte nello spirito del metodo "convergenza confinamento", hanno consentito di pervenire ad indicazioni preliminari relativamente il livello di plasticizzazione dell'ammasso all'altezza del fronte e a sufficiente distanza da esso, la contro pressione di terra da mantenere in camera di scavo per il contenimento delle plasticizzazioni del nucleo, l'impegno statico dello scudo in relazione agli extrascavi ipotizzati nelle differenti condizioni di avanzamento. Tali elementi hanno quindi consentito di inquadrare i parametri prestazionali principali della TBM e le caratteristiche tecnologiche ad essa richieste.

### 4.2. TESTA DI SCAVO: DIAMETRO NOMINALE, EXTRASCAVI, CONFIGURAZIONE UTENSILI

Lo scavo meccanizzato con fresa di tipo EPB necessita l'approntamento di specifiche dotazioni e tecnologie per il superamento delle possibili condizioni di criticità attese in fase di avanzamento.

Le analisi preliminari di interazione scudo fresa-ammasso condotte, in questa fase, considerando le caratteristiche meccaniche medie del Flysch, all'interno del range di variabilità individuato dal PD, danno evidenza della necessità di predisporre un extrascavo nominale sullo scudo di coda non inferiore ai 30 mm sul raggio (valore complessivo da intendersi come somma dell'extrascavo sullo scudo di testa + conicità dello scudo stesso).

Dovrà essere fatto ricorso ad extrascavo addizionale – a carattere permanente - in condizioni di copertura superiore ai 50-60 m e sino alle massime previste sulla tratta, pari a 70/75 m (sempre con riferimento ai passaggi nella facies pelitica del Flysch), prevedendo, ad esempio, un'estensione dei calibri mediante installazione piastre di spessoramento (es 25 mm). Sarà inoltre prevista l'installazione di almeno 2 copy cutter sulla testa di cavo, con estensione massima di 50 mm.

Ne deriva quindi un diametro di scavo nominale non inferiore a 12230 mm, con possibile estensione - di tipo permanente - a 12280 mm in presenza di coperture superiori a 50 m.

Lo scavo delle Gallerie Grottaminarda e Melito interesserà formazioni litologicamente eterogenee, dalla facies pelitica alla Facies calcarea del Flysch Rosso, alle marne della Baronia che, alle maggiori profondità, presentano carattere litoide. Dai primi esiti dei rilievi condotti sul campo, in questa fase di indagini ed attività

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">19 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	19 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	19 di 65								

propedeutiche alla progettazione esecutiva, si è avuta riprova della possibilità di inclusioni calcaree (anche di ordine metrico) all'interno della porzione superiore del Flysch (facies pelitica prevalente), specie in corrispondenza del passaggio tettonizzato che interessa la Galleria Grottaminarda nel tratto di approccio dell'imbocco lato Napoli. Lo scavo meccanizzato della Galleria Melito interesserà inoltre, sulla base del profilo geologico di previsione del Progetto Definitivo, la facies calcarea del Flysch per una estensione nell'ordine degli 800 m. Tale settore, ad oggi non direttamente investigato, sarà oggetto di approfondita indagine nel corso della Campagna geognostica integrativa in fase di avvio. Tutte le litologie rappresentative saranno oggetto di idoneo campionamento finalizzato alla caratterizzazione dei materiali prelevati in termini di caratteristiche di fresabilità. Sulla base del quadro conoscitivo che scaturirà dalle suddette integrazioni e approfondimenti, saranno definiti i layout ottimali della testa di scavo, con riferimento a parametri specifici quali:

- Rapporto di apertura (opening factor) e rigidezza della struttura della testa;
- Dotazione tipologia utensili di scavo (dischi, taglienti, ripper);
- Spaziatura utensili di scavo;
- Numero ed ubicazione delle linee di iniezione sulla testa di scavo.

La testa di scavo dovrà pertanto essere, pertanto, progettata per poter gestire efficacemente condizioni di avanzamento anche in presenza di fronti misti (inclusioni calcaree più competenti in matrice pelitica), prevedendo idonei dispositivi per l'agevole sostituzione degli utensili di scavo in relazione alla variabilità litologica dell'ammasso da scavare.

#### 4.3. MAIN DRIVE, CONICITA' ED ARTICOLAZIONE SCUDO

Allo scopo di gestire efficacemente le differenti condizioni che potranno presentarsi in fase di scavo, inclusi fermi macchina programmati e imprevisti, si procederà a specifiche valutazioni tecniche inerenti la dotazione di cuscinetto (main drive) di tipo sferico per l'ottenimento della variazione locale del profilo di scavo senza rendere necessari interventi sulla testa (struttura e dotazione utensili).

Il contesto geomeccanico e le coperture in gioco richiedono l'apprestamento di uno scudo dotato di conicità non inferiore a 20 mm radiali, allo scopo di ridurre le pressioni agenti sullo scudo in condizioni di avanzamento all'interno dei passaggi più spingenti e consentire una più agevole gestione della ripartenza dopo fermi macchina.

Si procederà inoltre ad opportune valutazioni sulla configurazione a scudo articolato per la gestione della fase di ripartenza con possibile chiusura dell'ammasso sullo scudo di coda (condizione da valutarsi anche in relazione all'allungamento dello scudo che consegue all'inserimento dell'articolazione middle shield / tail skin).

#### 4.4. MODALITÀ DI AVANZAMENTO, PRESSIONI IN CAMERA DI SCAVO

Le analisi preliminari 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 3.0 bar – 3.5 bar allo scopo di contenere i fenomeni di plasticizzazione dell'ammasso a livello del nucleo-fronte.

Con riferimento allo scavo della galleria Melito, si prevede modalità di avanzamento "closed" per tutta la tratta interessante il Flysch rosso e la facies pelitico-marnosa della Formazione della Baronia (BNA2) limitatamente ai settori con copertura inferiore ai 50 m. Alle massime coperture nel Flysch Rosso, nonché nel passaggio in faglia compresa nel BNA2 si stimano pressioni di terra in camera di scavo nell'ordine dei 3.5 – 4.0 bar (pressione media al piano dei centri).

Il miglioramento delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso con l'aumento delle coperture, atteso dal quadro geotecnico / geomeccanico del PD, potrebbe consentire una modalità di avanzamento di tipo semi-open, ovvero a camera di scavo parzialmente in pressione. La restante tratta della galleria Melito, il cui scavo interesserà la facies pelitica della Baronia con coperture superiori a 50 m e la facies calcarea del Flysch (FYR 2), potrà essere approcciata in modalità "semi-open", fermo restando la necessità di prevedere

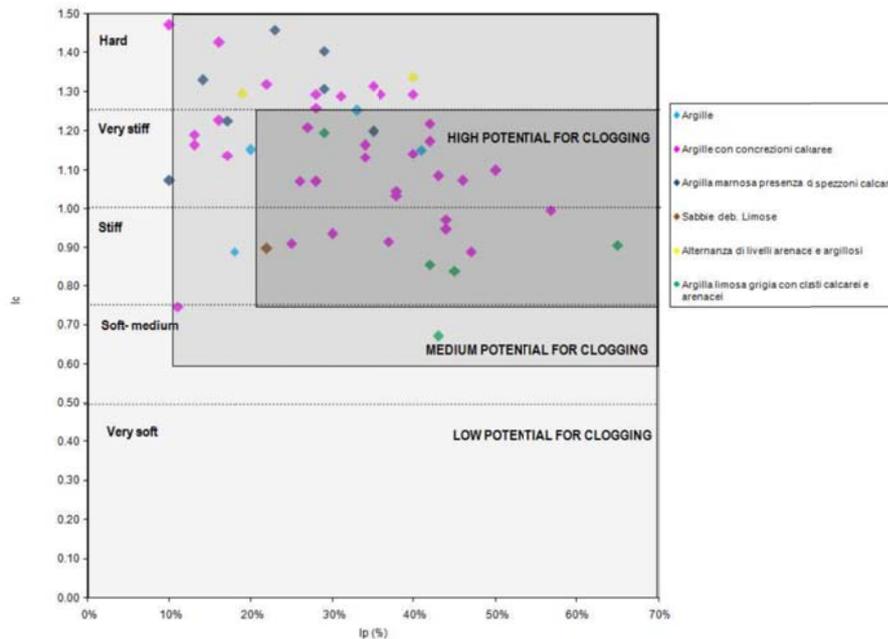
<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">20 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	20 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	20 di 65								

un'adeguata pressione di bilanciamento delle pressioni interstiziali, qualora, in corso d'opera, si ponesse la questione tecnica connessa alla limitazione dell'effetto disturbo sulle risorse idriche sotterranee.

#### 4.5. CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI

Sono stati elaborati gli esiti delle prove di caratterizzazione fisica condotte in laboratorio sui provini prelevati nel Flysch Rosso, nell'ambito delle Campagne Geognostiche pregresse. In particolare si è applicata la classificazione da letteratura inerente il rischio clogging, analizzando le proprietà indice e l'indice di consistenza dei campioni afferenti alle differenti litologie costituenti il Flysch Rosso. Ne è emerso un quadro caratterizzato 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. SPINTE DELLA TBM

Si sono condotte specifiche analisi parametriche per la determinazione della capacità di spinta richiesta ai cilindri di avanzamento della macchina, in condizioni ordinarie e non.

Sono state prese, pertanto, in esame e studiate le condizioni di avanzamento standard e le condizioni di ripartenza dopo un fermo prolungato, per un tempo compatibile con la mobilitazione di fenomeni di creep entro l'ammasso. Sulla base del quadro conoscitivo del Progetto Definitivo, le condizioni più impegnative si riscontrano nella galleria Melito (coperture maggiori, a parità di formazioni attraversate).

Le spinte di calcolo, nelle condizioni di avanzamento più gravose (coefficiente di attrito dinamico sullo scudo) si attestano nel range 90.000 kN - 105.000 kN (in relazione alle pressioni medie da mantenersi in camera 3.8/4.5 bar e l'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 (pressioni sullo scudo fino a 5.5 bar), si stima una richiesta di spinta nell'ordine dei 150.000 kN.

Considerando, in via preliminare, le usuali pressioni di lavoro dei cilindri di spinta, si configura come dimensionante, per il sistema di spinta (nr e caratteristiche dei cilindri), la prestazione richiesta in ripartenza.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 21 di 65

Assumendo un'amplificazione del 10 % (fattore sicurezza) delle spinte di calcolo, si identificano valori di spinta nominale installata e di extraspinta rispettivamente di 140 MN / 165 MN.

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 (ko unitario). Non si dispone infatti, ad oggi, di risultati di prove in foro mirate all'investigazione dello stato tensionale originario degli ammassi attraversati.

#### 4.7. DOTAZIONI SPECIALI

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

- sistema di perforazione per la realizzazione di sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento rispetto al fronte;
- sistema di perforazione per la realizzazione di un ombrello di iniezioni di consolidamento al contorno del cavo ed al fronte, nonché di aste drenanti, in avanzamento rispetto al fronte di scavo;
- celle di pressione sullo scudo per rilevazione stato tensionale indotto da rilasci tensionali dell'ammasso;
- sistema di controllo dimensionale del vuoto anulare tra estradosso dello scudo e profilo di scavo, di tipo automatizzato, basato sulle soluzioni tecnico-tecnologiche presentate nell'Offerta tecnica di gara per la Galleria Rocchetta;
- possibilità di iniettare agenti lubrificanti dall'interno dello scudo all'interfaccia tra questo ed il terreno.

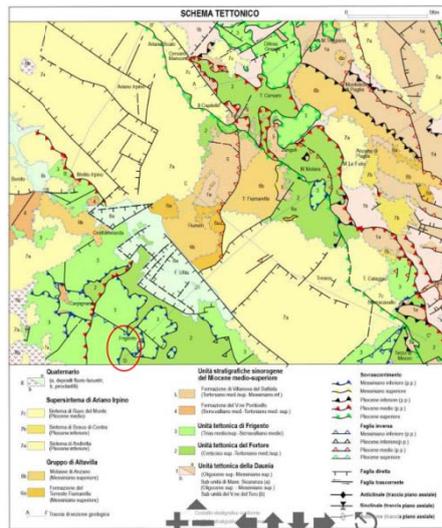
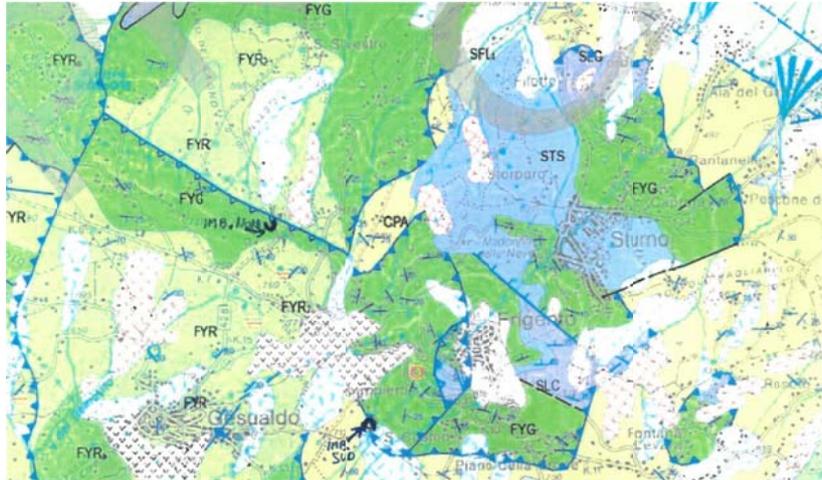
#### 4.8. GESTIONE DELLO SCAVO IN PRESENZA DI GAS

E' possibile il rinvenimento all'interno della formazione Flyschoidi di sacche di gas. A questo proposito si sottolinea come il Progetto Definitivo identifichi, per le gallerie in argomento, la classe di rischio 1b (NIR 28: *Gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio*). Sempre nel progetto definitivo si fa riferimento ad analisi svolte per la determinazione del rischio gas (bibliografia, presenza di termini geologici favorevoli alla presenza di gas) nonché rilievi di gas a boccaforo, analisi gascromatografica su campioni di acqua prelevati da piezometro. Non si ha tuttavia disponibilità di tale documentazione (fatta eccezione per l'analisi gascromatografica su uno/due campioni di acqua prelevati da piezometro). Durante la più recente campagna indagini (estate 2017) si è verificata una sola volta la situazione di dover interrompere la perforazione, per decisione della DL, per venute gas (si tratta del sondaggio ENS5 realizzato entro la formazione della Baronia, facies pelitico-marnosa del F. Miscano).

A scopo di indagine si è effettuata ricerca relativa ad opere similari (scavo meccanizzato) condotte in contesti geologicamente assimilabili: trattasi delle gallerie Pavoncelli (tunnel idraulico) e cunicolo di sicurezza della galleria stradale Piani San Filippo nell'ambito del collegamento viario Lioni-Grottaminarda. Le gallerie interessano formazioni Flyschoidi assimilabili geologicamente a quelle interessate dallo scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito (Rocchetta). Vi è evidenza di come nel corso dello scavo della galleria Pavoncelli siano occorse venute grisucose di entità significativa e con frequenza non trascurabile che hanno reso necessari interventi di adeguamento in corso d'opera della macchina e del backup. Si ha riscontro di un allestimento antideflagrante in configurazione ATEX parziale (macchina Herrenknecht) per la TBM destinata alla galleria di sicurezza San Filippo (diametro ridotto di scavo costituirebbe elemento ostativo di per sé all'approntamento di una configurazione ATEX completa, in ottemperanza ai requisiti/specifiche NIR 28 – (es. installazione tunnel nastro).

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>22 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	22 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	22 di 65								

**Ubicazione in pianta su foglio CARG (433 Ariano Irpino della Galleria San Filippo)**



La Campagna di indagine del Progetto Esecutivo, attualmente in corso, prevede che presso ciascuna postazione di indagine vengano effettuati il rilievo e la registrazione in continuo di gas metano a boccaforo in fase di perforazione. Le evidenze raccolte dalle suddette registrazioni consentiranno di attribuire, su basi conoscitive più accurate, la classe di rischio secondo la NIR 28. Allo stato attuale non si ritiene pertanto necessaria l'adozione di una configurazione anti-deflagrante completa per la macchina di scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito. In osservanza alle prescrizioni delle Specifiche Tecniche TBM del Progetto Definitivo, la macchina sarà oggetto di progettazione specifica in quanto a dotazione sensoristica per il rilievo gas e potenziamento del sistema di ventilazione.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 23 di 65

## 5. GALLERIA DI LINEA

### 5.1. RIVESTIMENTO IN CONCI PREFABBRICATI

#### 5.1.1. Geometria e caratteristiche materiali

L'anello di rivestimento sarà formato da 8+1 conchi prefabbricati dello spessore di 55 cm e lunghezza 1.80 m; il vuoto anulare residuo tra l'estradosso del rivestimento e la sagoma di scavo sarà intasato dalla coda dello scudo con miscela bicomponente a rapido indurimento.

La sezione tipo ha le seguenti caratteristiche:

- raggio interno: 5,40 m
- diametro scavo: 12,30 m
- tipologia anello: universale
- numero conchi: 8+1
- spessore conchi: 0,55 m
- lunghezza conchi: 1,80 m
- Rck: 45 MPa
- guarnizione singola in EPDM di tipo integrato, accoppiata a cordolino/piattina idrofilica – a garanzia di tenuta idraulica dei giunti (sia longitudinali che radiali);
- connettori longitudinali per la connessione tra conchi di anelli contigui.

Il Progetto Esecutivo potrà prevedere più classi di conchi a differente incidenza di armatura da installare nelle differenti condizioni geomeccaniche e di carico attese lungo il tracciato della galleria

#### 5.1.2. Valutazioni statiche preliminari

Sulla base degli esiti ottenuti con le calcolazioni preliminari menzionate al precedente par. 4.1, è stato possibile delineare un primo scenario di progetto per i rivestimenti definitivi (anelli in conchi prefabbricati) delle Gallerie Grottaminarda e Melito. Si sono in particolare individuate le condizioni di carico sostenibili dai suddetti rivestimenti, note le prestazioni strutturali degli stessi. Ne è derivato un inquadramento generale dell'interazione delle opere con il contesto geologico/idrogeologico, nella fase di esercizio della linea (lungo termine), nelle more dei naturali sviluppi progettuali che seguiranno al completamento della campagna di indagini geognostiche di progetto esecutivo con successivo aggiornamento del quadro geologico/idrogeologico e finalizzazione della caratterizzazione geotecnica-geomeccanica degli ammassi interagenti con le gallerie.

Per coperture non superiori ai 35-40 m e condizioni geologiche che vedono la presenza dominante della facies pelitica del Flysch Rosso, si è considerato un possibile scenario di trasferimento sostanzialmente completo del carico litostatico sui conchi (trattasi di un'ipotesi di comportamento che considera il progressivo rilassamento dei terreni al contorno del cavo, ovvero la plasticizzazione e la perdita di resistenza dell'ammasso detensionato, anche in presenza di circolazione idrica). Coerentemente con quanto esposto al precedente paragrafo 3.2, ovvero in configurazione di opera non drenante l'ammasso, i rivestimenti sostengono l'intero carico idrostatico teorico (stimato sulla base della soggiacenza media della falda riportata nei profili geomeccanici di PD).

In presenza di coperture superiori, sempre all'interno dell'ammasso del Flysch Rosso, si è inquadrato lo scenario operativo che prevede l'assenza di perturbazione sull'acquifero (battente massimo teorico nell'ordine dei 60-65 m). Il rilascio tensionale dell'ammasso mobilitato in fase di avanzamento della macchina (configurazione extrascavo opportuna) determina una riduzione del carico litostatico sui rivestimenti definitivi posti in opera a tergo scudo, congrua con la capacità statica degli stessi. E' considerata altresì la possibilità di un incremento, del suddetto carico d'ammasso sui rivestimenti, per effetti reologici e/o rigonfianti (trattasi di temi specifici identificati fra gli obiettivi della campagna indagine integrativa di PE).

La galleria Melito nella formazione della Baronina (BNA2), sino alle massime coperture previste per la tratta (ca 130 m), potrà mantenere la configurazione operativa non drenante, a beneficio del regime idrogeologico

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>24 di 65</b>

naturale, essendosi stimate pressioni di ammasso sui rivestimenti nell'ordine del 10-15% del carico litostatico, proprio per la migliore qualità geomeccanica dell'ammasso alle maggiori profondità. Per tale condizione si è assunta, in via preliminare, la mobilitazione di una pressione di rigonfiamento commisurata ai valori indicati nella documentazione tecnica di PD.

## 5.2. RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO PREFABBRICATO

L'iniezione dell'intercapedine anulare a tergo del rivestimento sarà effettuata con malta / miscela bicomponente (tramite le linee di iniezione integrate nello scudo di coda), realizzandosi in tal modo una configurazione sostanzialmente impermeabile, o comunque a conducibilità idraulica significativamente inferiore a quella propria degli ammassi interessati dallo scavo.

L'installazione immediatamente a tergo dello scudo del rivestimento definitivo costituito da anelli in conci prefabbricati muniti di idoneo sistema a guarnizione elastomerica a tenuta idraulica ed il completo intasamento dell'intercapedine anulare con miscela bicomponente, offre garanzia di un comportamento complessivo dell'opera a ridotta interferenza con l'acquifero in fase di scavo e nell'esercizio dell'opera.

La messa in opera del riempimento a tergo conci costituito da miscela bicomponente è prevista da linee di iniezione integrate nello scudo di coda, conformemente ai requisiti prestazionali esplicitati nel documento Specifiche Tecniche Scavo Meccanizzato del PD. Ogni linea sarà dotata di dispositivo di pompaggio autonomo per garantire pieno controllo dei volumi iniettati da ciascuna linea.

Il controllo del completo riempimento dell'intercapedine anulare a tergo conci sarà quindi operato, in modo automatizzato, mediante strumentazione basata su tecnologia della tomografia ultrasonica

## 5.3. SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE DRENATE IN GALLERIA

Il deflusso delle acque di infiltrazione dall'ammasso, intercettate esclusivamente nel settore di sotto-atteveramento del corpo di frana Grottaminarda, avviene per gravità (pertanto con direzione imbocco Bari – Imbocco Napoli) in direzione longitudinale lungo la galleria. E' allo studio la modalità di raccolta e convogliamento di tale, limitato, apporto idrico (di confronto con le condizioni attese per la galleria Rocchetta, prevista in configurazione drenante per la gran parte del suo sviluppo).

## 5.4. ALLARGAMENTO PER VISIBILITA' SEGNALE

E' previsto un tratto di galleria da consegnare a sezione allargata per consentire la visibilità del segnale di protezione della stazione Hirpinia. Il segnale è ubicato alla pk 3+480, della Galleria Grottaminarda, lato binario direzione di percorrenza Napoli – Bari. Lo scavo della Galleria Grottaminarda sarà integralmente eseguito, secondo la proposta migliorativa, con metodo meccanizzato.

L'allargo per il conseguimento della sagoma interna di progetto (analoga alla sagoma individuata nel Progetto Definitivo) sarà attuato con ribattitura integrale della sezione rivestita con conci prefabbricati, avanzando dal camerone di innesto ubicato lungo la linea in corrispondenza della finestra pedonale F1.

Similmente a quanto previsto dalla fasistica realizzativa dell'innesto tipico per finestre pedonali sulla galleria Rocchetta di PD, si procederà alla realizzazione del camerone costituito da due gallerie laterali intestate sulla galleria di linea. Da qui si attaccherà lo scavo in ribattitura della sezione allargata (previsto, in massima parte, con sezione tipo C2p / C2p allargata del PD) su uno sviluppo di circa 150 m in direzione Bari.

## 5.5. OPERE DI INNESTO CON LE FINESTRE

Gli innesti delle finestre di emergenza pedonali e carrabili della Galleria Melito saranno realizzati in accordo alla soluzione oggetto di proposta migliorativa presentata nella Relazione di Sistema. Si rimanda integralmente al par. 5.7 del citato documento.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">25 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	25 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	25 di 65								

## 6. OPERE DI IMBOCCO

La proposta migliorativa in argomento prevede l'adeguamento delle aree di imbocco alle mutate necessità logistiche connesse all'impiego del sistema meccanizzato per lo scavo, in successione, delle gallerie Grottaminarda e Melito.

Le operazioni di assemblaggio e disassemblaggio della macchina (rispettivamente da svolgersi presso gli imbocchi lato Bari e gli imbocchi lato Napoli di entrambe le gallerie) richiederanno una ridefinizione degli spazi antistanti gli imbocchi, con incremento delle aree a disposizione per l'effettuazione delle suddette operazioni. Nel caso specifico è richiesto un allargamento delle aree di imbocco Grottaminarda lato Bari e Melito lato Bari in misura di circa 40.000 m<sup>2</sup> rispetto alla configurazione geometrica del Progetto Definitivo.

Le suddette variazioni intervengono sugli sviluppi delle opere di sostegno degli scavi che, tuttavia, risulteranno essere comprese entro i limiti di esproprio previsti dal Progetto Definitivo. Le modifiche insisteranno sulla sola configurazione transitoria degli imbocchi mentre, in via definitiva, la sistemazione finale delle aree si atterrà fedelmente alla soluzione elaborata nel Progetto Definitivo stesso. Le gallerie artificiali ed i relativi manufatti di approccio presenteranno, dunque, geometria analoga a quella del Progetto Definitivo.

Ulteriori variazioni dimensionali interesseranno la profondità degli scavi, sempre nei settori antistanti gli attacchi delle gallerie naturali, stante la necessità di realizzare le culle di lancio e di uscita della TBM. L'approfondimento di quota potrà determinare un'intensificazione dei sistemi di vincolo delle paratie di imbocco. Le opere nella mutata configurazione geometrica garantiranno le medesime condizioni di sicurezza associate agli interventi di Progetto Definitivo, in termini di stabilità dei versanti sui quali si impostano.

Nella proposta migliorativa in oggetto si perseguirà l'obiettivo di minimizzare gli interventi connessi all'eventuale scavo in tradizionale di camere di imbocco, ottimizzando la logistica di cantiere per il lancio della TBM. Si valuteranno soluzioni idonee all'approntamento dello scavo anche in presenza di deboli ricoprimenti, in aderenza all'impianto progettuale degli imbocchi della galleria Rocchetta (scavo meccanizzato previsto nel Progetto Definitivo), ovvero ricorrendo a diaframmi in pali plastici.

Presso ciascun imbocco saranno mantenute le tipologie strutturali individuate nel Progetto Definitivo per le opere di sostegno. Nello specifico:

- Imbocco Grottaminarda lato Bari: paratie diaframmi 250/240 x 120
- Imbocco Grottaminarda lato Napoli: paratie pali d'1000 secanti (i 0.80 m)
- Imbocco Melito lato Bari e lato Napoli: paratie diaframmi 250/240 x 120

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">26 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	26 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	26 di 65								

## 7. INTERAZIONE DELLO SCAVO MECCANIZZATO CON IL DEPOSITO DI FRANA AFFERENTE LA GALLERIA GROTTAMINARDA

### 7.1. INQUADRAMENTO PROGETTUALE

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.. Stando all'attuale stato delle conoscenze, lo spessore della coltre di frana è variabile da 6 a 19 m lungo lo sviluppo longitudinale della galleria; risultando pertanto ad una quota superiore di almeno 10-12 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.

Pur se lo scavo della galleria di linea non dovrebbe interferire direttamente con il corpo di frana quiescente, il progetto a base di gara, così come quello di offerta, prevede la stabilizzazione temporanea del versante mediante la realizzazione di un cunicolo drenante all'interno del corpo di frana prima dello scavo della galleria, da mantenere attivo fino al completamento delle opere ferroviarie. Si prevede di realizzare il cunicolo con rivestimento in conci prefabbricati in calcestruzzo armato di spessore pari a 25 cm, di diametro esterno pari a 2500 mm e diametro interno pari a 2000 mm, da realizzare con la tecnica del microtunnelling previa costruzione di due pozzi verticali circolari del diametro pari a 10 metri per la partenza e l'estrazione della fresa. Nel cunicolo sono previsti drenaggi radiali mediante tubi microfessurati in PVC di lunghezza variabile tra 8 e 15 m.

Inoltre, nel tratto di sotto-attraversamento della frana, per una estensione di circa 150 m lungo l'asse del tracciato, si prevede di realizzare un intervento di drenaggio definitivo al contorno della galleria di linea, mediante la posa in opera di una membrana drenante tra il contorno di scavo e l'estradosso del rivestimento definitivo con lo scopo di mantenere attivi nel tempo gli effetti benefici della riduzione delle pressioni interstiziali nel volume significativo della galleria.

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). Gli esiti delle analisi preliminari 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.

In conformità alle scelte progettuali operate nel progetto definitivo, la galleria Grottaminarda, a costruzione ultimata e durante l'esercizio della linea, sarà dotata delle predisposizioni necessarie all'attivazione di un sistema di drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 27 di 65

## 7.2. QUADRO CONOSCITIVO DEL CORPO DI FRANA DEL PROGETTO DEFINITIVO

La Galleria Grottaminarda si colloca entro un rilievo solcato al piede dal F. Ufita, costituito dai termini argillosi e calcarei del Flysch Rosso e delle Molasse di Anzano. Oltre la pk 3+600, in presenza delle facies più argillose si manifestano dissesti di versante.

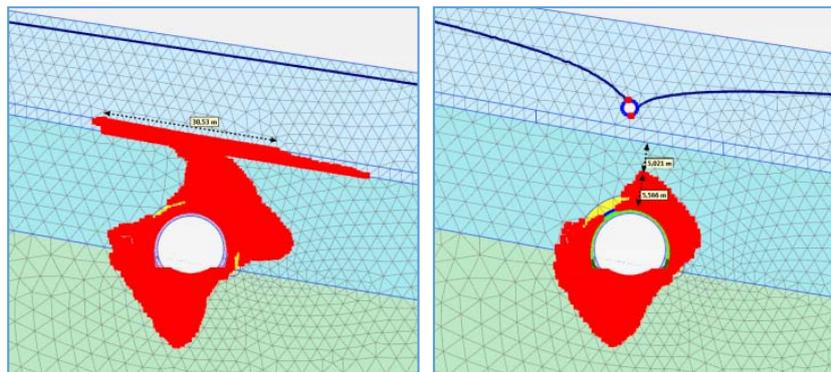
Lo studio geomorfologico del Progetto Definitivo ha evidenziato la presenza di un esteso corpo di frana tra le progressive km 3+900 e 4+250, avente spessore variabile tra 6 e 19 metri lungo lo sviluppo longitudinale della galleria (interpretazione derivata dall'analisi visiva delle carote di sondaggio, dagli esiti delle prove di laboratorio, dall'analisi di segni morfologici e dal rilievo Lidar).

Non sono stati identificati indizi morfologici di uno stato di attività della porzione mediana e basale della frana, ipotizzandone pertanto una condizione di sostanziale quiescenza. Sono stati al contrario riscontrati indizi di recenti e locali riattivazioni nella porzione sommitale.

A questo proposito gli inclinometri installati nella campagna di indagine del 2017 (inclinometri G1 e BH3), alla data di redazione del PD fornito a base di gara, non hanno segnalato alcun movimento profondo, ma solo movimenti superficiali (profondità massime di circa 2 ÷ 4 metri dal piano campagna), legati alla presenza di una coltre di alterazione, confermando sostanzialmente lo stato di quiescenza del corpo di frana.

Le analisi numeriche condotte nel PD mostrano come lo scavo della galleria di linea, pur non interferendo direttamente con il corpo di frana, induca un meccanismo di deformazione al contorno del cavo che determina una redistribuzione dello stato di sforzo interessante, pur se limitatamente, il corpo di frana (riduzione del fattore di sicurezza nei confronti della stabilità del corpo di frana dell'ordine del 10% rispetto alla condizione indisturbata).

Allo scopo di migliorare le condizioni al contorno della galleria e di limitare gli effetti prodotti dalla variazione dello stato tensionale nel terreno è stato un cunicolo drenante per ridurre le pressioni interstiziali nel corpo di frana potenzialmente interessato dallo scavo (con effetto benefico nei confronti della resistenza a taglio associato all'aumento delle tensioni efficaci). Le analisi di PD hanno restituito come in presenza del cunicolo drenante le plasticizzazioni indotte dallo scavo non coinvolgano direttamente il corpo di frana e come gli spostamenti orizzontali indotti nel pendio nel tratto a monte della galleria si riducano del 40% rispetto alla condizione in assenza di cunicolo. Il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità del corpo di frana aumenta del 4% rispetto alla condizione indisturbata.



Plasticizzazioni indotte dallo scavo della galleria senza (sinistra) e con (destra) l'intervento del cunicolo drenante.

Per il mantenimento del drenaggio del corpo di frana nella condizione di esercizio dell'opera è prevista, da PD, la posa in opera di specifici geocompositi con capacità drenante ed elevati valori di trasmissività all'estradosso del rivestimento definitivo, affiancati alla membrana di impermeabilizzazione in PVC. È prevista altresì la realizzazione di un'armatura passante nei conci del rivestimento definitivo della galleria.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 28 di 65

### 7.3. APPROFONDIMENTI CONDOTTI IN FASE DI OFFERTA

#### 7.3.1. Rilievi, indagini in situ ed attività di monitoraggio

In sede di elaborazione dell'Offerta Tecnica di Gara, in base a quanto riportato nell'Allegato 4 al Disciplinare, è stato condotto un approfondimento dello studio geotecnico del deposito di frana.

Allo scopo di predisporre un piano di indagine e monitoraggio da mettere in atto nelle fasi di progettazione esecutiva, corso d'opera ed esercizio, caratterizzato da elementi di assoluto valore, sia in termini qualitativi che quantitativi, è stata commissionata – già in fase di gara – un'estesa attività di studi e indagini finalizzata all'acquisizione di un quadro conoscitivo quanto più completo del deposito di frana afferente la Galleria Grottaminarda, sulle basi del quale poter compiutamente procedere alla definizione attenta e capillare delle suddette attività. Lo studio geotecnico del fenomeno è stato sviluppato con il supporto tecnico-scientifico di NHAZCA Srl (Natural HAZards Control and Assessment) e di personalità accademiche di ampia esperienza e livello di specializzazione rispetto alle tematiche di interesse, quali la Prof.ssa Francesca Bozzano (Università La Sapienza) ed il Prof. Gianfranco Urciuoli (Università Napoli Federico II).

L'area di interesse è stata oggetto di analisi geologica e geomorfologica mediante tecniche di telerilevamento dei processi di instabilità gravitativa del versante. Si è condotta altresì una campagna di indagini geofisiche, congiuntamente all'esecuzione di un sondaggio geognostico da parte di ditta altamente specializzata nelle operazioni di carotaggio di terreni Flyschoidi, spinto oltre il corpo di frana individuato dagli studi contenuti nel Progetto Definitivo.

NHAZCA ha eseguito in particolare una serie di indagini ed analisi con lo scopo di individuare e caratterizzare i fenomeni franosi presenti e fornire informazioni sullo stato di attività dei processi identificati, con particolare attenzione al tracciato ferroviario oggetto di interesse, tra le progressive km 3+900 – km 4+250. A tal fine, si sono condotte delle analisi storiche con metodi A-DInSAR (Advanced Differential SAR Interferometry) basati sulla tecnica Persistent Scatterers Interferometry (PSI) e con tecniche interferometriche differenziali standard DInSAR (Differential SAR Interferometry) per la stima di eventuali spostamenti superficiali subiti dal terreno e dalle strutture ricadenti nell'area di studio, di estensione areale pari a circa 800.000m<sup>2</sup>. Le analisi sono state condotte su un dataset in doppia geometria orbitale (ascendente e discendente) acquisito dalla costellazione Sentinel-1 (Agenzia Spaziale Europea), nel periodo compreso tra ottobre 2014 e luglio 2018.

Ad integrazione dell'analisi interferometrica, sono state svolte delle analisi multi-temporali mediante lo studio di foto aeree ed immagini ottiche satellitari con tecniche di PhotoMonitoringTM. L'analisi ha avuto lo scopo di identificare indizi e forme geomorfologiche ascrivibili a processi di instabilità gravitativa di versante riscontrate analizzando immagini ottiche acquisite nell'intervallo di tempo settembre 1954 – novembre 2017, così da valutare l'attività gravitativa sul versante in questo lasso di tempo.

Infine, nel mese di luglio 2018, sono stati condotti rilievi diretti in situ mirati al controllo delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche ad alla verifica sul campo delle informazioni ottenute con le tecniche di telerilevamento.

#### 7.3.2. Nuovo modello geomorfologico di dettaglio del versante oggetto di studio

I risultati di tali indagini sono stati integrati con le informazioni preesistenti di letteratura scientifica, con i dati di progetto messi a disposizione dalla stazione appaltante e con i risultati delle indagini nel contempo eseguite sul sito di frana (sondaggio stratigrafico S1 e indagini geofisiche).

Si è pertanto analizzata la base conoscitiva sito-specifica per ipotizzare gli scenari evolutivi del versante in relazione all'opera in progetto definendo, in particolare, un **nuovo modello geomorfologico di dettaglio del versante oggetto di studio**.

Con riferimento specifico al versante compreso tra il Fiume Ufita, il Vallone dei Fossi, la sommità del versante posta a nord di Case Saudone e il fianco orientale del rilievo allungato circa NNW-SSE costituito dalle molasse di Anzano, la letteratura tecnico-scientifica e le relazioni tecniche fornite dalla Stazione

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>29 di 65</b>

Appaltante, sono concordi nel ritenere il versante in frana, pur riscontrandosi tra le diverse fonti una diffomità di interpretazione circa le dimensioni e i limiti dell'area in frana.

Tale versante è ubicato in un settore complesso dal punto di vista geologico, che vede strutture tettoniche compressive combinarsi con altre con meccanismo diretto e/o transtensivo, andando a coinvolgere l'unità tettonica del Frigento, qui costituita dalla formazione del Flysch Rosso, e le sovrastanti molasse di Anzano. L'area si colloca nel tratto di monte della cosiddetta Forra dell'Ufita, posta ad occidente di una struttura tettonica recentissima: il bacino tettonico subsidente di Grottaminarda e l'alto strutturale bordato da faglie dirette che lo limita ad occidente (Basso et al.1996a, 1996b e note illustrative della carta geologica 1.50.000 Ariano Irpino). L'area ha risentito in passato di forti terremoti e in prossimità di essa è ubicata una faglia, denominata dell'Ufita, ritenuta da alcuni autori attiva così da costituire una "potenziale sorgente sismogenetica dibattuta". Sussiste l'ipotesi nella letteratura scientifica, che all'interno della forra del Fiume Ufita, potrebbero essersi verificati in un passato geologico recente dei movimenti di frana che avrebbero potuto sbarrare il corso del Fiume Ufita determinando a monte di essa una fase di sedimentazione lacustre documentata all'interno del bacino di Grottaminarda.

Sulla base dei rilievi in sito eseguiti e dell'esame delle fotografie aeree reperite per l'area, si ritiene che l'impronta morfologica principale del versante, costituita dalla scarpata sommitale di forma arcuata alta circa 5-10 m con concavità rivolta verso il F. Ufita, con fianco sinistro-occidentale ben netto e di lunghezza complessiva di oltre 500m, sia da relazionarsi ad un movimento di frana complesso con meccanismo principalmente rototraslazionale, avvenuto in un passato anche recente, ma non esattamente databile. Il corrispondente corpo di frana che si riviene lungo il versante sottostante alla scarpata, per una lunghezza di oltre 830m che con pendenza abbastanza costante di circa 9° arriva fino al fondovalle del Fiume Ufita, è costituito da un materiale a matrice pelitica con inclusi litoidi, calcarenitici e calcarei, di varia dimensione prevalentemente nella parte alta e più omogeneamente argilloso-limoso in quella più profonda, derivante dalla dislocazione per frana delle molasse di Anzano e, principalmente, del Flysch Rosso. Tale corpo di frana "antico" risulta coinvolto nella sua porzione superficiale da successivi movimenti di frana per scorrimento e/o colamento, di ben più modesta dimensione. L'analisi multi-temporale mediante lo studio di foto aeree ed immagini ottiche satellitari eseguita per il periodo 1956-2018 ha dimostrato che tali movimenti superficiali sono stati attivi negli ultimi decenni e ad essi si deve la sovrimposizione sul versante di ulteriori forme gravitative secondarie (scarpate di modesta altezza, terrazzi di frana, accumuli di forma allungata, cancellati anche in parte dall'attività antropica). Questa recente dinamica di evoluzione del versante è apparsa influenzata anche dall'erosione del Vallone dei Fossi, presumibilmente impostatosi sul fianco destro dell'originario movimento di grande dimensione per scorrimento roto-traslazionale (cfr. frana attivatasi tra il 2002 ed il 2017 in sinistra del Vallone dei Fossi). A riguardo dei tassi di spostamento, non si sono avute per il versante in questione informazioni di dettaglio dalle analisi con interferometria SAR satellitare in quanto il versante è sprovvisto di affidabili punti di misura naturali e/o antropici del segnale. Tuttavia, l'analisi ha dimostrato che, ove presenti punti di misura, tale tecnica di monitoraggio con frequenza di acquisizione circa settimanale, potrebbe essere efficace su questo versante, in quanto essa è stata capace di cogliere affidabilmente trend temporali di spostamento per frana in aree adiacenti al versante in questione presumibilmente connessi al regime delle precipitazioni.

Circa invece la profondità dei movimenti attivi sul versante, le informazioni deducibili dal monitoraggio inclinometrico di durata di poco superiore ad un anno (BH3 e G1), evidenziano uno strato superficiale attivo della profondità al massimo di qualche metro e la possibilità che si verifichino spostamenti anche a profondità fino a 20-22m come attestato in prima ipotesi in corrispondenza dell'inclinometro G1. I dati inclinometrici disponibili fanno ipotizzare tassi di deformazione al massimo di qualche cm/anno. Ad oggi, sulla base dei dati disponibili, non si è ritenuta invece attendibile l'ipotesi - che si potrebbe avanzare dalle letture inclinometriche - inerente la possibilità che gli spostamenti riguardino anche strati più profondi. La continuazione del monitoraggio inclinometrico, esteso anche ad altre verticali e spinto a maggiori profondità (si veda piano di monitoraggio proposto in sede di PE/c.so opera/esercizio), si ritiene che possa meglio circostanziare le profondità del/dei movimenti di frana attivi.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 30 di 65

### 7.3.3. Scenari evolutivi, potenziali fattori di innesco del movimento

L'identificazione dei potenziali scenari evolutivi e dei fattori di innesco del movimento, nell'ambito dell'approfondimento conoscitivo attuato in sede di gara, ha consentito altresì una puntuale identificazione dei parametri sostanziali rispetto ai quali saranno esplicitati valori soglia di attenzione e di allarme, nell'ambito di un più completo piano per la gestione del rischio nelle condizioni di esercizio della linea.

Nel merito dei possibili fattori di innesco "naturali" dei movimenti di versante, tre sono quelli che devono essere primariamente considerati:

- Precipitazioni intense con conseguente innalzamento dei livelli piezometrici e diminuzione della resistenza al taglio. In questa tipologia di materiali e nel contesto specifico anche dal punto di vista idrogeologico, questo fattore di innesco è certamente il principale. La combinazione dei dati interferometrici satellitari sullo spostamento della superficie topografica abbinati alle serie pluviometriche hanno verificato che nelle immediate adiacenze del versante il ben noto nesso causa-effetto tra precipitazioni e rimobilizzazioni di frana è localmente calzante
- Sismi. Le informazioni raccolte dai cataloghi non consentono di verificare se esattamente su questo versante si siano verificate frane sismoindotte anche se il confronto delle foto aeree pre e post sisma dell'Irpinia del 23 novembre del 1980 rappresenta in tal senso un indizio. È purtroppo dimostrato che in un centro abitato limitrofo, Melito Irpino, in un contesto geologico del tutto simile, un sisma nel 1962 ha prodotto la rimobilizzazione di una frana preesistente, causando l'abbandono definitivo del centro abitato. Il livello di pericolosità sismica dell'area fa ritenere dunque assolutamente realistico tale "occasionale" fattore di innesco dei movimenti di versante.
- Erosione lineare esercitata dai corsi d'acqua. Sia il corso del F. Ufita sia quello del suo affluente Vallone dei Fossi risultano in approfondimento. È plausibile pertanto che episodiche fasi di intensa erosione legate ad esempio ad eventi alluvionali estremi possano innescare rimobilizzazioni per frana lungo il versante, quale ad esempio presumibilmente quella in sinistra idrografica del vallone dei Fossi la cui attività si è esplicata negli ultimi decenni come risultato dal confronto tra immagini satellitari del 2002 ed il 2017.

È stata dunque fornita una accurata interpretazione della dinamica del versante, sovrapposta all'interpretazione dell'assetto geologico del versante derivante dall'indagine geofisica sismica e geoelettrica realizzata in fase di gara.

A partire dal piano campagna, è stato delimitato un primo orizzonte superficiale di spessore intorno a 20m e di velocità delle onde p tra 1000 e 2000 m/s, entro cui, lungo il pendio, si esplicano i movimenti di versante di relativamente piccola dimensione, ritenuti oggi attivi e la cui attività è stata documentata dall'analisi multi-temporale mediante lo studio di foto aeree ed immagini ottiche satellitari. L'inclinometro G1, con una possibile superficie di scivolamento ubicata a 21-22m, sembrerebbe dimostrare che i movimenti di versante attivi possono arrivare a coinvolgere anche l'intero spessore di questo primo strato.

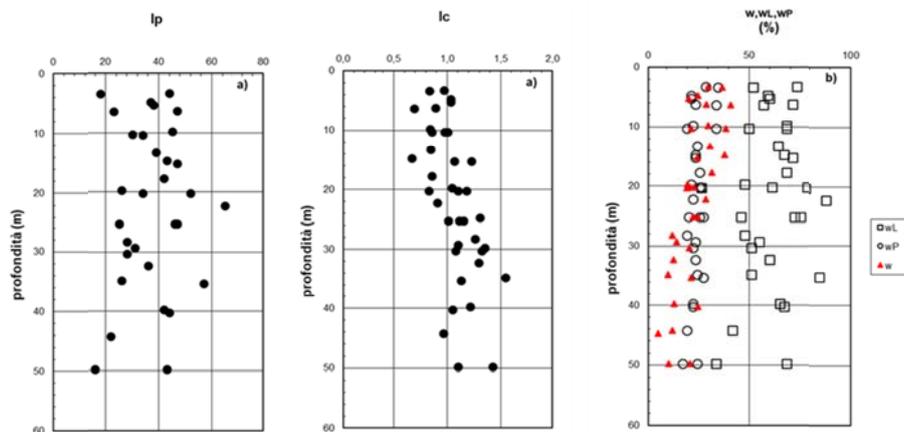
Al di sotto è presente uno strato a velocità delle onde P intermedia (compresa tra 2000 e 3000 m/s) separato dal sottostante bedrock a velocità delle onde p maggiore di 3000 m/s, da una superficie netta risultante dalla interpretazione della indagine sismica a riflessione. Nell'ipotesi corrente che tiene conto del complesso di informazioni disponibili, questo strato potrebbe rappresentare la massa di frana per scorrimento roto-traslazionale di grande dimensione che avrebbe dato, in un passato geologico non ben identificato, l'impronta morfologica principale al versante. La superficie di scivolamento corrispondente non arriverebbe, tuttavia, ad emergere a base versante lasciando così concretamente aperta la possibilità che tale movimento profondo possa ritenersi oggi del tutto inattivo.

L'elaborazione, proposta dal Prof. Gianfranco Urciuoli, sull'andamento del contenuto d'acqua naturale con la profondità rispetto ai limiti di consistenza del materiale campionato lungo il sondaggio G1, mostrerebbe una netta diminuzione del contenuto d'acqua, e quindi un aumento di consistenza, al passaggio tra i due strati a denotare uno stato di imbibizione ben più marcato per lo strato superficiale attivo rispetto a quello più basso della massa di frana omogenea sottostante.

In **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata**. si propongono a questo proposito i tre abachi che riportano in funzione della profondità: l'indice di plasticità, l'indice di consistenza, e il limite plastico, il limite

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO IF28            01            E ZZ RG       MD0000 002    A        31 di 65

liquido ed il contenuto d'acqua allo stato (considerazioni sulle proprietà fisico – meccanico dell'Unità geologica del Flysch Rosso elaborate sull'insieme dei dati geotecnici che derivano dalla campagna indagini svolta per il progetto definitivo)



**Indice di plasticità, indice di consistenza e contenuto d'acqua allo stato naturale in funzione della profondità (dati ricavati da sondaggi G1 e G2 che attraversano il corpo della frana di Grottaminarda).**

È evidente un aumento lineare dell'indice di consistenza, IC, nei primi 20-25 m di profondità dal piano campagna, dove il contenuto d'acqua naturale, w, è mediamente maggiore del limite plastico,  $w_p$ ; w diviene minore di  $w_p$  nella parte più profonda, ovvero all'interno della formazione indisturbata. Ciò è indicativo di fenomeni di ammorbidimento e di degrado meccanico della matrice pelitica che dalla superficie del terreno si propagano in profondità.

Stante questa ipotesi di ricostruzione, lo scenario di evoluzione "naturale" del versante vede certamente l'accadimento di frane per scorrimento e/o colamento di estensione limitata verificarsi all'interno dello strato superficiale e comunque entro circa 20m dal p.c. nella parte centrale del versante, in analogia a quello che è stato documentato negli ultimi decenni sul sito. L'innesco di tali rimobilizzazioni potrebbe essere legato ad eventi pluviometrici intensi, ai quali potrebbero accompagnarsi anche fasi di intensa erosione lineare dei corsi d'acqua Ufita e Vallone dei Fossi.

In caso di sisma con risentimenti significativi al sito, evento questo possibile nell'area e la cui probabilità di accadimento è collegata alla pericolosità sismica locale, riteniamo in prima ipotesi da non escludere anche l'attivazione di frane per scorrimento all'interno di questo strato superficiale e lungo il versante che vede al piede il corso del Fiume Ufita, con estensione tuttavia non stimabile e con possibilità eventuale anche di sbarramento del corso d'acqua medesimo.

Nella ipotesi di ricostruzione proposta, il tunnel ferroviario andrebbe ad intestarsi nella massa di frana profonda ritenuta presumibilmente inattiva e al di sopra di esso, ad una distanza sulla verticale di oltre 10m, si collocherebbe lo strato superficiale entro cui la dinamica gravitativa naturale del versante esplicantesi attraverso movimenti per scorrimento e colamenti in terra di modesta dimensione, risulta invece attiva.

Il piano di indagini e monitoraggio da attuare nella corrente fase di progettazione esecutiva, è volto pertanto alla raccolta di dati e informazioni funzionali alla verifica dei seguenti elementi specifici:

- presenza di deformazioni in atto all'interno dello strato intermedio rilevato dalle indagini geofisiche che potrebbe costituire la massa di frana per scorrimento rototraslazionale "antica";
- locali fenomeni amplificativi del moto sismico dovuti alla presenza di questo specifico assetto geologico del versante e caratteristiche geotecniche dinamiche dei materiali, essendosi inquadrata la possibilità di rimobilizzazione frana sismoindotta lungo il versante.
- influenza negativa dello scavo del tunnel ferroviario sulla dinamica gravitativa dello strato superficiale.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 32 di 65

## 7.4. INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE DI PROGETTO ESECUTIVO

Gli studi e le indagini condotte hanno consentito di inquadrare specifici elementi geologici/geomorfologici altrimenti non noti sulla base della documentazione progettuale pregressa e ritenuti di importanza rilevante nei riguardi dei processi di interazione scavo galleria – corpi di frana identificati.

E' stato in particolare possibile calibrare intensità e caratteristiche dimensionali delle indagini (profondità sondaggi, numerosità prove in foro / laboratorio, lunghezza stendimenti geofisici), corrispondentemente alle evidenze di possibili cinematismi antichi profondi e stato di attività dei fenomeni più superficiali non già censiti.

Analoga base conoscitiva ha consentito di inquadrare con maggior precisione gli approfondimenti di analisi che si rendono necessari per addivenire alla più completa identificazione dei rischi connessi ai fenomeni franosi interferiti, nelle attuali condizioni indisturbate, nello scenario di possibile interazione con la realizzazione dell'opera e di riattivazione nella fase di esercizio.

Sulla base della definizione del nuovo modello geomorfologico del versante oggetto di studio, ovvero del quadro conoscitivo aggiornato ed integrato rispetto a quanto previsto nella documentazione del Progetto Definitivo, essendosi ridefiniti elementi conoscitivi fondamentali quali perimetrazione dei cinematismi, stato di attività dei medesimi, profondità presunta delle superfici di scivolamento, è stata pianificata l'attività di monitoraggio da mettere in atto sia in corso d'opera che nella fase di esercizio. Si è ritenuto altresì di prevedere l'attivazione di determinati dispositivi di monitoraggio sin dalla fase di Progettazione Esecutiva per poter disporre di un quadro conoscitivo quanto più completo con riferimento ad eventuali cinematismi in atto, utile all'approntamento dello studio geotecnico per la gestione del rischio.

Le attività di monitoraggio previste prevedono l'installazione sia di strumentazione di consolidato e comune utilizzo, sia di soluzioni all'avanguardia tecnologica (vertical array multi parametrici)

I dettagli del Piano indagini sono illustrati al paragrafo 4.7.3.1 *Indagini in situ*

## 7.5. PIANO DI MONITORAGGIO

### 7.5.1. Fase di progettazione esecutiva

Sulla base della definizione del nuovo modello geomorfologico del versante oggetto di studio, ovvero del quadro conoscitivo aggiornato ed integrato rispetto a quanto previsto nella documentazione del progetto definitivo posto a base di gara, essendosi ridefiniti elementi conoscitivi fondamentali quali perimetrazione dei cinematismi, stato di attività dei medesimi, profondità presunta delle superfici di scivolamento, è stata pianificata l'attività di monitoraggio da mettere in atto in fase di progettazione esecutiva, in corso d'opera e nella fase di esercizio.

Saranno monitorati con frequenza minima giornaliera i seguenti dispositivi di misura:

- Piezometri corda vibrante installati su celle di Casagrande: tale dispositivo di misura si caratterizza per la capacità di cogliere eventuali incrementi di pressione interstiziale in concomitanza di eventi sismici, costituendo pertanto prezioso riferimento sperimentale per l'implementazione di analisi dinamiche disaccoppiate.
- Colonne multiparametriche [Vertical Array ASE] - (4 unità): installate nelle perforazioni a carotaggio, profondità strumentazione variabile da 30 m a 80 m, passo minimo installazione sensori MEMS 50 cm (raffittimento entro corpo di frana ed in corrispondenza della presunta superficie di scivolamento).

Saranno inoltre avviati:

**Monitoraggio topografico**, tramite installazione di 2 stazioni totali ad acquisizione automatica all'interno del corpo di frana ed identificazione di 10 corner riflettori esterni all'area di frana ubicati in aree non soggette a fenomeni deformativi attivi. Saranno quindi installati 20 microprismi ottico  $\varnothing$  min 26 mm (precisione 3"), sul corpo di frana. Le stazioni automatizzate permetteranno l'esecuzione automatica di misure, elaborazione e gestione dei dati su piattaforma web (e/o sito FTP). Le stazioni saranno operative per tutta la durata del

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">33 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	33 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	33 di 65								

cantiere. Le stazioni saranno alimentate con pannello fotovoltaico. E' prevista la realizzazione di opere di presidio per la sicurezza delle stazioni totali durante il periodo di funzionamento (recinzione delle stazioni).

**Monitoraggio con Interferometria RADAR satellitare**, attività da integrarsi con analisi storica A-DInSAR (Frana Grottaminarda) e Monitoraggio con **Interferometria SAR Terrestre – TInSAR**, tramite l'installazione di scatteratori permanenti appositi.

**Monitoraggio pluviometrico mediante stazione meteorologica**, attività programmata sulla scorta del buon nesso causa – effetto tra precipitazioni e rimobilizzazioni di frana rilevato attraverso l'esame dei dati interferometrici satellitari relativi a zone limitrofe all'area di intervento

**Monitoraggio delle portate del Fiume Ufita** presso la località Ponte Melito mediante.

### 7.5.2. Corso d'opera

Le attività di monitoraggio messe in atto già dalla fase di progettazione esecutiva si articoleranno, con variazioni ed integrazioni specifiche, nella fase di approntamento del cantiere e realizzazione dell'opera, con particolare riferimento all'intervallo temporale interessato dallo scavo della galleria Grottaminarda nella tratta interessata dai fenomeni.

In corso d'opera saranno attivi i seguenti sistemi di monitoraggio già avviati nella fase di progettazione esecutiva:

- Indagini Geofisiche: tomografia elettrica 2D elapsed time (n.4 linee per uno sviluppo complessivo di circa 2.200m) – periodicità restituzione: 2 serie per mese, durante lo scavo della galleria nel tratto interferente con frana;
- Monitoraggio geotecnico, piezometri cella corda vibrante, colonne multiparametriche
- Monitoraggio topografico
- Monitoraggio con Interferometria RADAR satellitare
- Monitoraggio con Interferometria SAR Terrestre - TInSAR
- Monitoraggio pluviometrico
- Monitoraggio delle portate del Fiume Ufita

Si introdurrà in tale fase il monitoraggio con tecnologia fibra ottica (FOT) all'interno della galleria ferroviaria, da considerarsi integrativo rispetto alle tradizionali strumentazioni per la misura delle convergenze, dello stato tensionale nei rivestimenti definitivi.

Sarà nello specifico predisposto un sistema di misura FOT di monitoraggio dei movimenti della galleria attraverso misure di convergenza e misura degli spostamenti longitudinali (sul piano verticale e orizzontale).

Le misure richieste saranno ottenute attraverso l'installazione di sensori di strain, di temperatura (per la compensazione termica). Per determinare misure di deformazione e il comportamento della galleria (naturale deformazione della galleria per effetti termici) si installeranno una serie di sensori che andranno a comporre tre linee longitudinali, le quali ricoprono tutta la lunghezza della galleria. Il passo tra una sezione di sensori e la successiva è definito in base all'accuratezza che si vuole raggiungere nella misura, e alla continuità tensionale della struttura (variabile da 10 a 20m). Per ogni terna di sensori di strain ci sono tre sensori di temperatura per la compensazione termica.

Per realizzare misure di convergenza si propone di installare un rod di 9 sensori disposti lungo l'arco descritto dalla sezione. Per rod (detti anche GFRP) si intende una catena di sensori incorporati in un polimero rinforzato in fibra di vetro (GFRP) che permette al sensore FBG di espandersi e comprimersi liberamente con le variazioni di strain.

I sensori ottici di strain sono composti da estensimetri ottici installati sulla superficie da monitorare. Il sensore è realizzato con la sola fibra ottica opportunamente protetta o incollata su un apposito trasduttore (basetta di acciaio) le cui estremità sono fissate meccanicamente alla superficie (tasselli o collante idoneo). I sensori sono collegati in serie su una stessa fibra ottica in numero variabile tra 25 e 100 a seconda della tipologia di materiale su cui sono installati. I sensori ottici di strain non richiedono alimentazione elettrica né manutenzione; dopo la prima calibrazione post installazione, lavorano in modo continuo fino a quando non

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>34 di 65</b>

sono scollegati. La catena di fibra ottica cui sono collegati i sensori di strain (a cui possono essere collegati anche altri sensori ottici) è a sua volta collegata a una macchina di acquisizione ottica che si trova nella centrale di controllo (che può essere distante fino a un massimo di 100 Km dal punto di applicazione del sensore più lontano). La macchina di acquisizione ottica è controllata da un computer che analizza i dati in tempo reale e invia gli allarmi all'operatore di controllo.

### 7.5.3. Fase di esercizio della linea

Preliminarmente all'individuazione dei sistemi di monitoraggio da mantenersi operativi per l'esercizio dell'opera, sarà effettuata un'attenta identificazione dei parametri fisici associati a potenziali fattori di innesco di cinematismi gravitativi anche potenzialmente interferenti con la galleria, ovvero a parametri indicatori di dinamiche in atto.

A titolo esemplificativo, si riporta nel seguito la serie di parametri significativi riconducibili a fattori di potenziale innesco dei movimenti di versante con esplicitazione delle strumentazioni di monitoraggio dedicate:

- regime di pressioni interstiziali e variazione del medesimo in condizioni sismiche, rilevabile dapiezometri cella corda vibrante (dispositivi in grado di cogliere lo sviluppo di sovrappressioni in condizioni sismiche) – num. 4 in altrettante posizioni sul versante
- Intensità delle precipitazioni, rilevabile attraverso pluviometro registratore da installarsi nell'area di interesse
- Valore di portata del Fiume Ufita, rilevabile da misuratore di portata Ufita (Loc. Ponte Melito)

Seguono quindi i parametri sensibili riconducibili agli effetti di movimenti di versante in atto e corrispondenti sistemi di monitoraggio:

- spostamenti p.ti superficiali (piano campagna – in corrispondenza dei corner fissi in numero di 20), rilevabili, nell'evoluzione temporale, mediante telerilevamento con interferometria radar satellitare. Qualora si riscontrassero condizioni di attenzione, si procederà all'attivazione del rilievo topografico (corner di tipo integrato)
- spostamenti di profondità all'interno del corpo di frana, rilevati attraverso colonne m.parametriche
- Quadro deformativo rivestimenti della galleria , restituito dalla rete di monitoraggio sensoristica in fibra ottica su allineamenti longitudinali e sezioni trasversali, ad integrazione delle sezioni di monitoraggio di tipo tradizionali per la misura del tasso tenso-deformativo nei rivestimenti definitivi (celle di pressione, estensimetri).

L'approntamento delle indagini previste in sede di progettazione esecutiva unitamente alle risultanze delle analisi previste nella medesima fase consentiranno di formulare scenari previsionali cui associare specifiche condizioni di rischio (innesco di cinematismi superficiali / profondi, in presenza di fattori quali forti precipitazioni , sismi ed erosioni al piede operate dai corsi d'acqua che cingono il versante (Fiume Ufita e Vallone dei Fossi).

Contestualmente potranno essere stabiliti livelli di attenzione e di allarme per i parametri ritenuti sensibili, pertanto oggetto dell'attività di monitoraggio da attuarsi nell'arco temporale dell'esercizio dell'opera, in relazione agli scenari di rischio ovvero ai livelli di pericolosità associati al raggiungimento di tali soglie.

Ulteriore materiale di prezioso riferimento ai fini della definizione delle soglie sarà fornito dalle serie storiche restituite dalle attività di monitoraggio in corso d'opera. Tali dati consentiranno di integrare il quadro conoscitivo che scaturirà dalle indagini e dalle analisi specialistiche di progettazione esecutiva, potendo verificare la congruità dei valori di soglia definiti in sede di progettazione esecutiva sulla base di una serie storica di misure dei parametri significativi. Il monitoraggio in corso d'opera consentirà altresì di procedere alla taratura delle procedure per la gestione del monitoraggio nella fase di esercizio, a beneficio dell'ente gestore.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>35 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	35 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	35 di 65								

## 7.6. ANALISI PRELIMINARI PER LA VALUTAZIONE COMPARATIVA SCAVO TRADIZIONALE - SCAVO MECCANIZZATO

### 7.6.1. Finalità delle analisi e procedura operativa

Nell'ottica di valutare, in termini comparativi, i possibili effetti indotti dallo scavo della galleria Grottaminarda sul corpo di frana, sono state svolte analisi numeriche che simulano il processo di scavo nella duplice configurazione:

- soluzione progettuale prevista dal Progetto Definitivo (scavo con metodo tradizionale);
- proposta migliorativa di Progetto Esecutivo (scavo con metodo meccanizzato).

Fra gli obiettivi principali delle attività condotte si considerano:

- quantificazione del volume perso durante il processo di scavo;
- valutazione qualitativa dei fenomeni di plasticizzazione dei terreni prodotti durante lo scavo della galleria al contorno del cavo e loro propagazione verso i depositi franosi;
- valutazione entità degli spostamenti indotti dallo scavo della galleria, con specifica considerazione degli spostamenti mobilitati nel corpo di frana.

Le analisi numeriche riproducono la sezione ortogonale all'asse del tracciato alla pk 4+055, con modellazione Plane strain per mezzo del codice di calcolo ad elementi finiti Phase 2 v.8. La sezione è appunto rappresentativa del tratto di galleria interferente con i depositi di frana, il cui spessore, in aderenza alle ipotesi di calcolo assunte nel Progetto Definitivo, è di 19m circa. Il ricoprimento in chiave calotta della galleria è pari a 30m.

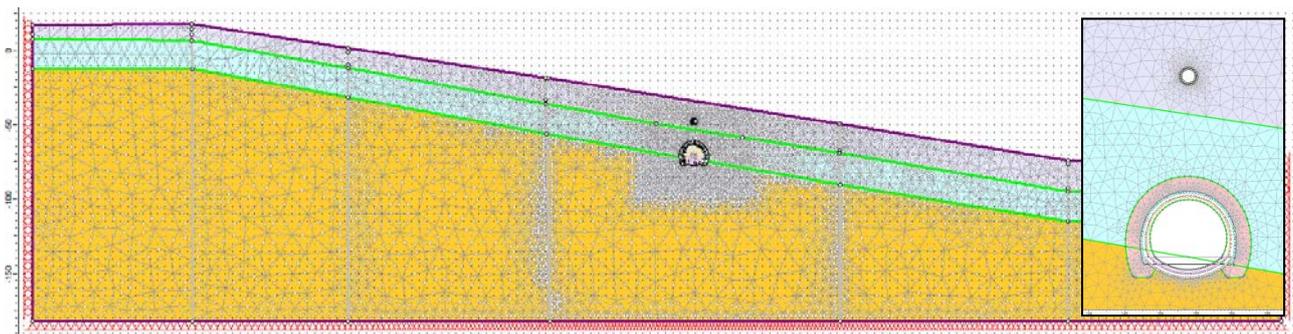
La modellazione è stata condotta mantenendo inalterate le condizioni al contorno adottate per la medesima analisi effettuata in sede di Progetto Definitivo (cfr contenuto Relazione Geotecnica e di Calcolo della Galleria Grottaminarda), in termini di geometria della sezione riprodotta, stratigrafia, caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, condizioni idrauliche.

### 7.6.2. Analisi numerica scenario con scavo in tradizionale

#### 7.6.2.1. Ipotesi della modellazione

La sezione di analisi studia gli effetti dello scavo della galleria di linea scavata in tradizionale, in presenza del cunicolo di drenaggio preventivo, in aderenza alla soluzione prevista in sede di progettazione definitiva.

La distanza presente fra la calotta e la base del corpo di frana è pari a circa 11 m. In corrispondenza della sezione di calcolo, la presenza della falda è stata rilevata a pochi metri (assunti 2m) da piano campagna. Il cunicolo drenante (diametro 2.50 m), scavato nel corpo di frana ad una profondità di 13 m dal profilo del terreno, è già in funzione da oltre un anno al momento dello scavo della galleria, pertanto nel modello numerico si considera l'istaurarsi di un moto di filtrazione stazionaria che derpime il livello di falda all'interno della frana. Le condizioni idrauliche imposte per l'analisi sono di pressioni nulle al contorno del cavo del cunicolo drenante e carico idraulico costante e pari a quello di falda indisturbata ad una distanza di 100 dalla sezione di scavo.



APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>36 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	36 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	36 di 65								

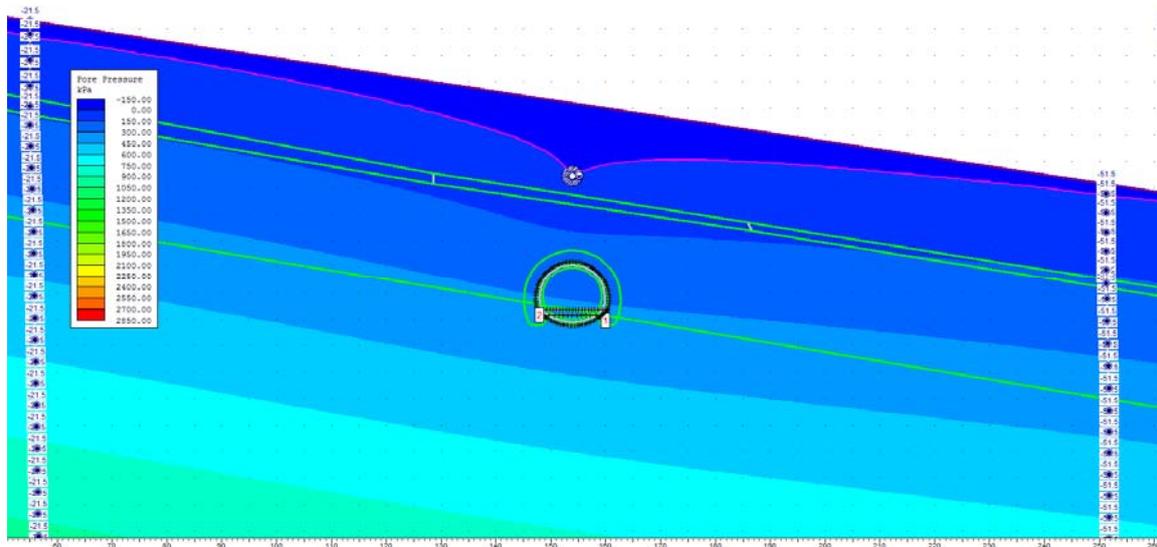
**Analisi bidimensionale con scavo in tradizionale – Sezione di calcolo**

L'analisi è stata condotta in regime di tensioni efficaci, coerentemente con la modalità seguita in seno al Progetto Definitivo.

Lo scavo della galleria interessa la formazione del Flysch Rosso, caratterizzato da un modulo elastico crescente con la profondità. Si considera un coefficiente di spinta a riposo per i materiali coinvolti nello scavo pari a 0.69. Le caratteristiche fisiche e meccaniche delle formazioni sopracitate sono indicate nella seguente Tabella:

		Corpo di frana	Flysch Rosso_1	Flysch Rosso_2
$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20	21	21
E	[MPa]	20	200	300
c	[kN/m <sup>2</sup> ]	15	25	25
$\phi$	[°]	17	22	22
v	[-]	0,3	0,3	0,3
Perm. k	[m/s]	1E-07	1E-07	1E-07

**Caratteristiche fisiche – meccaniche dei terreni presenti nella sezione di calcolo**



**Analisi con scavo in tradizionale – Andamento pressioni neutre a seguito della realizzazione del cunicolo drenante**

La sezione tipo prevista per la tratta in esame è la C2p, avente raggio medio di 6.6m. Gli interventi constano di consolidamento al fronte (54 VTR iniettati cementati), consolidamento al contorno (51 VTR iniettati espansivi), prerivestimento costituito da 0.30 m di spritz beton e centine HEB240/0.8m e l'impiego delle centine puntone HEB240/1m come rivestimento provvisorio in arco rovescio. Lo spessore dei rivestimenti definitivi è di 1.0 m in calotta e 1.1m in arco rovescio (c25/30).

I sopracitati interventi sono stati così considerati nella modellazione numerica:

- Il consolidamento al contorno: continuo equivalente (sp. 2m, c'=148 kPa, E= 400 MPa).
- Il pre-rivestimento: elementi beam solidali a profilo di scavo con caratteristiche di rigidezza che considerano la sezione omogeneizzata (spritz e centine). È stata inoltre considerata la maturazione dello spritz costituente il rivestimento provvisoriale del cavo.
- I rivestimenti definitivi: elementi cluster a comportamento elastico lineare.

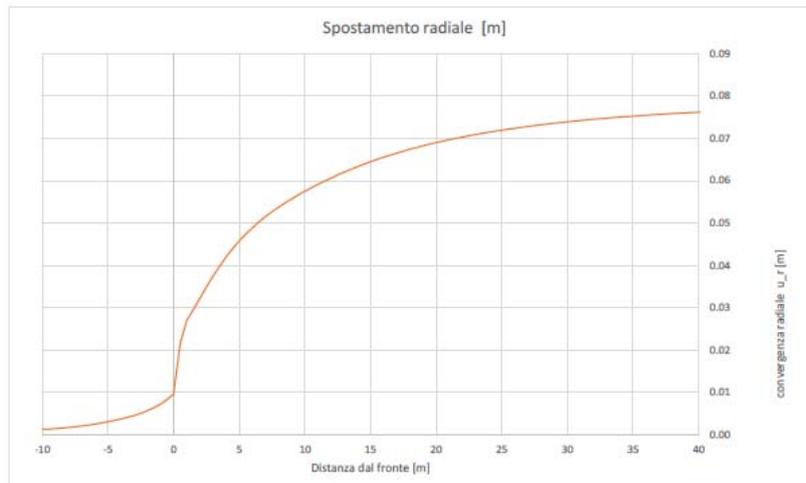
L'analisi numerica è articolata secondo stage successivi di calcolo, a simulare le fasi di scavo e posa in opera degli interventi di sostegno provvisorio e definitivo del cavo. I tassi di deconfinamento sono stati

<b>APPALTATORE:</b> <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">37 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	37 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	37 di 65								

definiti sulla scorta del profilo di spostamento longitudinale del cavo e della curva di convergenza del cavo calcolati in seno al PD e proposti nella Relazione Geotecnica e di Calcolo della Galleria Grottaminarda.

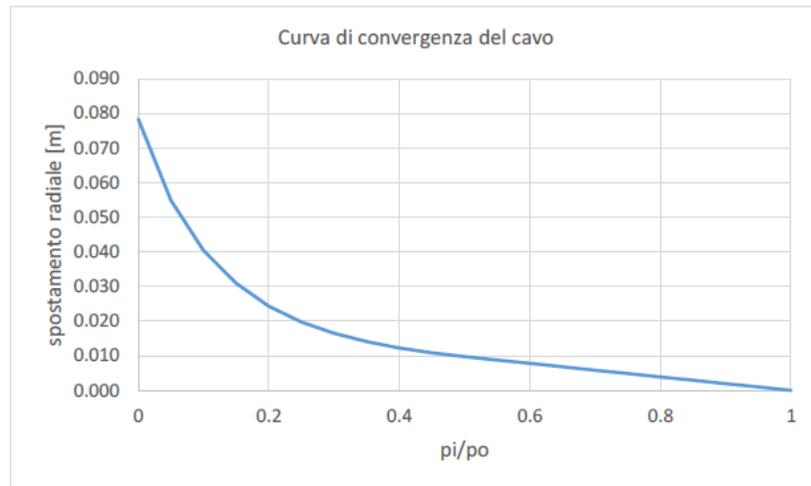
Si è proceduto all'implementazione del modello di calcolo bidimensionale in Phase2, articolato nei seguenti step di calcolo:

1. Inizializzazione dello stato tensionale entro le formazioni che compongono la stratigrafia di calcolo.
2. Reset del campo di spostamento.
3. Rimozione del terreno all'interno del profilo di scavo del cunicolo e contestuale attivazione del drenaggio (pressioni nulle al contorno del cunicolo).
4. Rimozione del terreno all'interno del profilo di scavo della galleria e contestuale applicazione, sul contorno, delle forze fittizie di scavo, di entità pari allo stato tensionale locale in situ (Relax 0%).
5. Attivazione della fascia di continuo equivalente corrispondente all'iniezione del consolidamento al contorno. Riduzione delle forze fittizie di scavo (Relax 5-6%).
6. Apertura del fronte di scavo con riduzione delle forze fittizie di scavo (Relax 50%).
7. Simulazione del 1° sfondo di avanzamento: installazione rivestimenti provvisori in calotta e in arco rovescio. Riduzione delle forze fittizie di scavo (Relax 77%).
8. Simulazione del 6° sfondo a 6 m circa dal fronte. Riduzione delle forze fittizie di scavo (Relax 93%).
9. Simulazione dello sfondo corrispondente ad una distanza di 2 diametri dal fronte: getto arco rovescio. Riduzione delle forze fittizie di scavo (Relax 98.5 %).
10. Getto rivestimento definitivo di calotta. Rimozione delle forze fittizie di scavo (Relax 100%).



**Analisi con scavo in tradizionale – Profilo longitudinale di spostamento (Progetto Definitivo)**

APPALTATORE: <u>Consortio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA    LOTTO            CODIFICA            DOCUMENTO            REV.            FOGLIO IF28              01                E ZZ RG              MD0000 002            A                38 di 65



Analisi con scavo in tradizionale – Curva caratteristica (Progetto Definitivo)

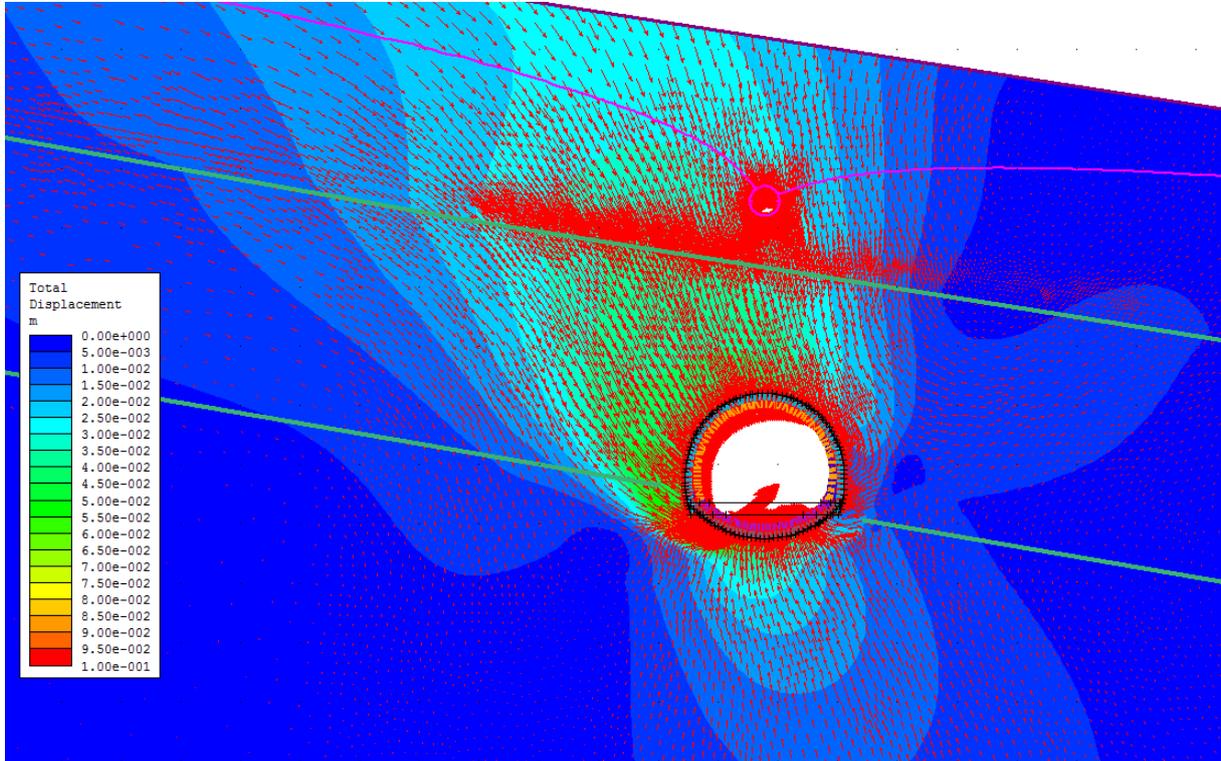
### 7.6.2.2. Risultati dell'analisi

Nel seguito si riportano i risultati in termini di spostamenti totali, spostamenti orizzontali e fenomeni di plasticizzazione e deformazioni di taglio, corrispondenti all fase di completamento dei rivestimenti definitivi (getto calotta) e di rilascio completo delle forze di scavo. In via semplificativa, il campo di spostamento è depurato della quota parte di spostamento mobilitato a seguito della realizzazione del cunicolo drenante (intervento che precede di oltre un anno il passaggio dello scavo in tradizionale sotto il corpo di frana).

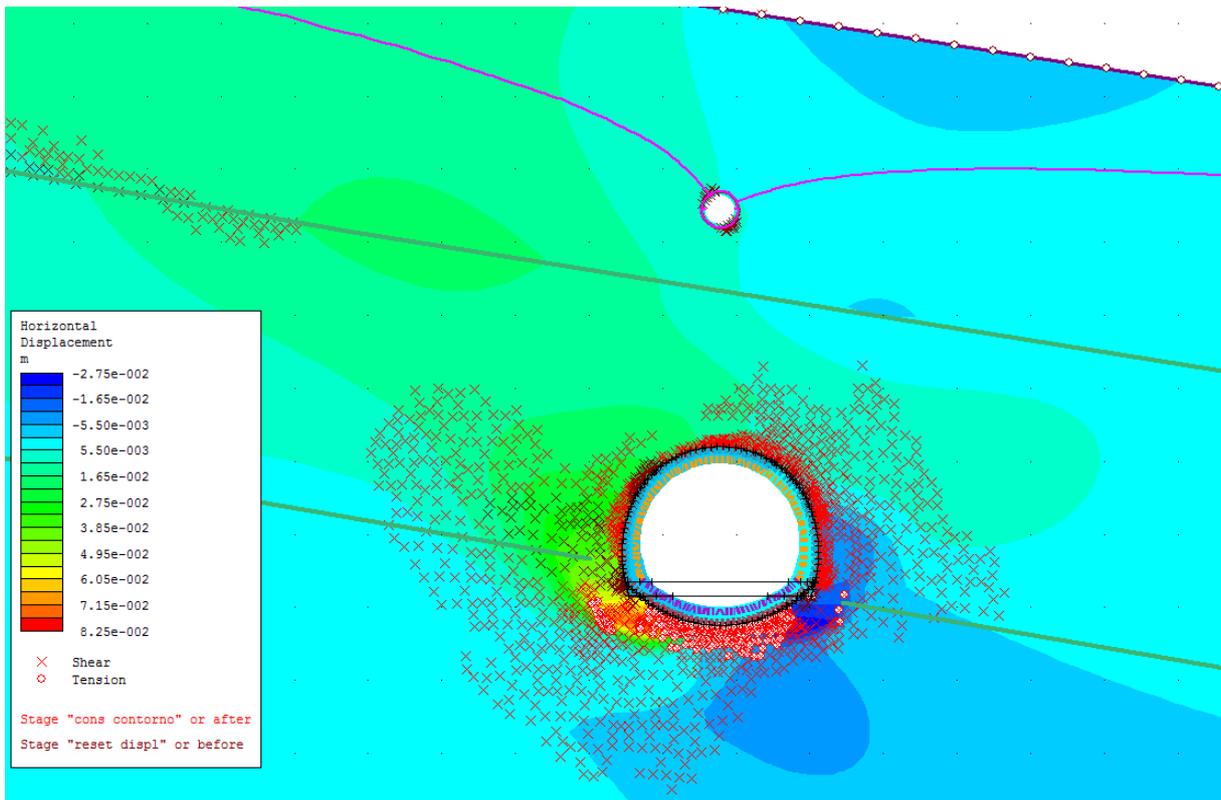
Il campo di spostamenti totali accumulato durante le fasi di realizzazione della galleria è prevalentemente verticale nella porzione di ricoprimento immediatamente sopra la calotta della galleria mentre, ad una distanza di circa 2 diametri ( $\approx 24\text{m}$ ) dalla sezione di scavo, assume direzione prevalente sub-orizzontale all'interno degli strati di terreno a monte della galleria. L'entità degli spostamenti totali è di circa 5 cm.

Gli spostamenti orizzontali massimi mobilitati nel corpo frana sono inferiori a 2 cm a monte del cunicolo drenante.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>39 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	39 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	39 di 65								



Risultati dell'analisi con scavo in tradizionale –Spostamenti totali (Relax 100%)

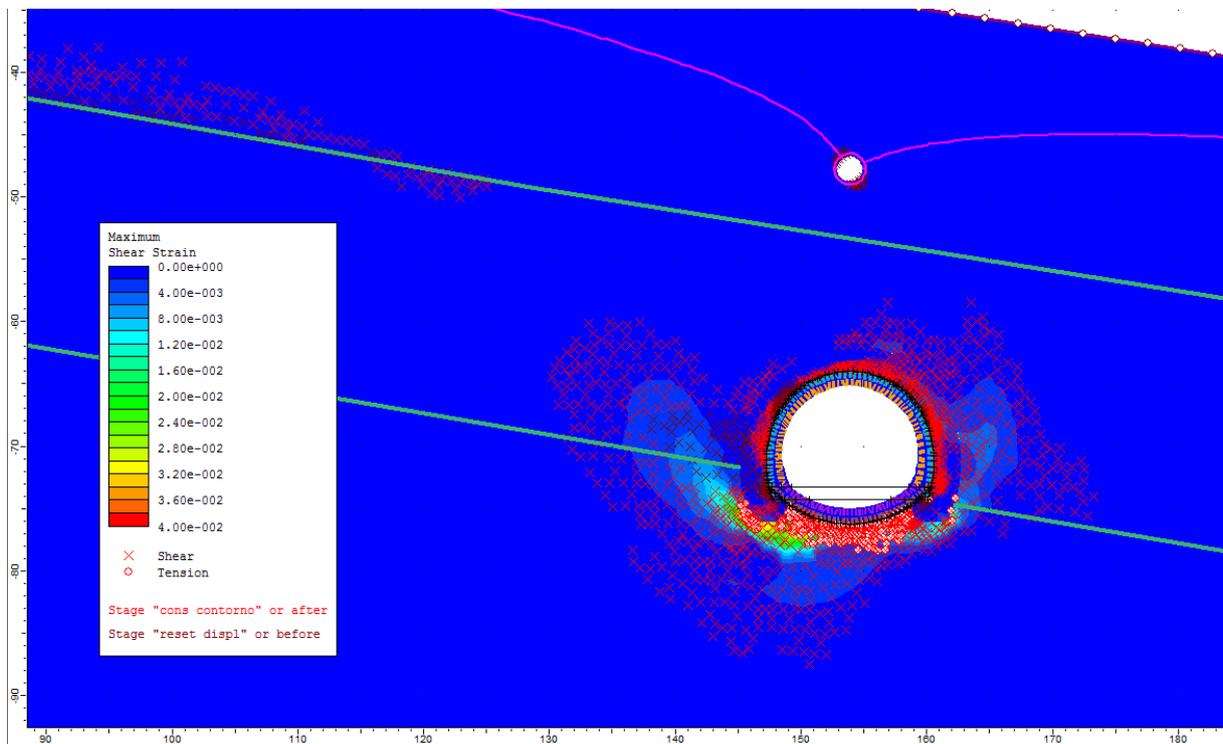


Risultati dell'analisi con scavo in tradizionale –Spostamenti orizzontali (Relax 100%)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>40 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	40 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	40 di 65								

I fenomeni di plasticizzazione sono concentrati nell'intorno del cavo in una fascia di spessore inferiore al diametro della galleria. L'estensione delle plasticizzazioni al contorno è sensibilmente contenuta per effetto del cunicolo drenante e dei consolidamenti al contorno. Tali fenomeni di plasticizzazione sono connessi principalmente al raggiungimento della resistenza a taglio dei materiali coinvolti e, limitatamente alla fascia in arco rovescio, al superamento della resistenza a trazione.

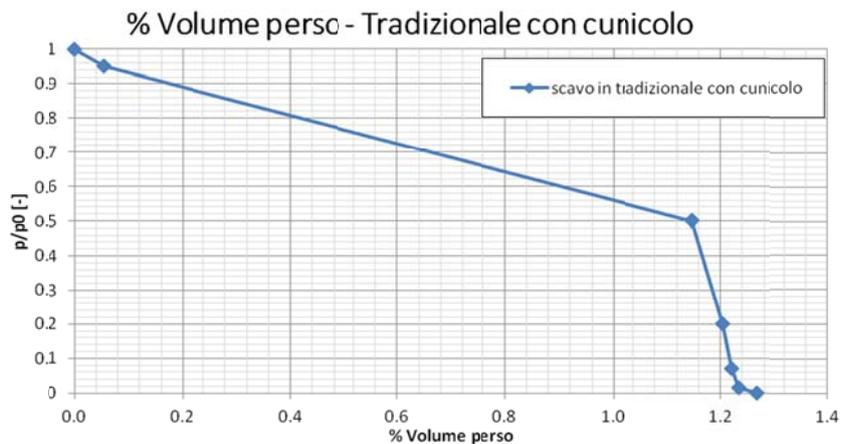
Locali fenomeni di plasticizzazione si rilevano già in fase di inizializzazione dello sforzo geostatico in corrispondenza dell'interfaccia tra i depositi franosi e la formazione del Flysch Rosso a causa delle scarse risorse di resistenza del materiale superficiale e della conformazione geometrica del versante. Tuttavia, i risultati dell'analisi mostrano che lo scavo della galleria non interviene significativamente sull'estensione di tali fenomeni.



**Risultati dell'analisi con scavo in tradizionale –Deformazioni di taglio e plasticizzazioni (Relax 100%)**

La seguente Figura mostra l'evoluzione del volume perso (%) durante lo scavo della galleria Grottaminarda. In corrispondenza della fase di getto dell'arco rovescio (2 diametri dal fronte) si raggiunge un valore prossimo all'1.3%, del tutto congruo con la tecnica di scavo e gli interventi messi in opera, nel contesto geologico/geomeccanico in cui si inserisce lo scavo.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 41 di 65



Risultati dell'analisi con scavo in tradizionale – percentuale volume perso durante lo scavo

### 7.6.3. Analisi numerica scenario con scavo in meccanizzato

#### 7.6.3.1. Ipotesi della modellazione

La sezione di analisi studia gli effetti dello scavo della galleria di linea scavata in meccanizzato mediante macchina EPB secondo la soluzione di variante proposta in sede di progettazione esecutiva. La sezione di scavo ha diametro 12.30 m.

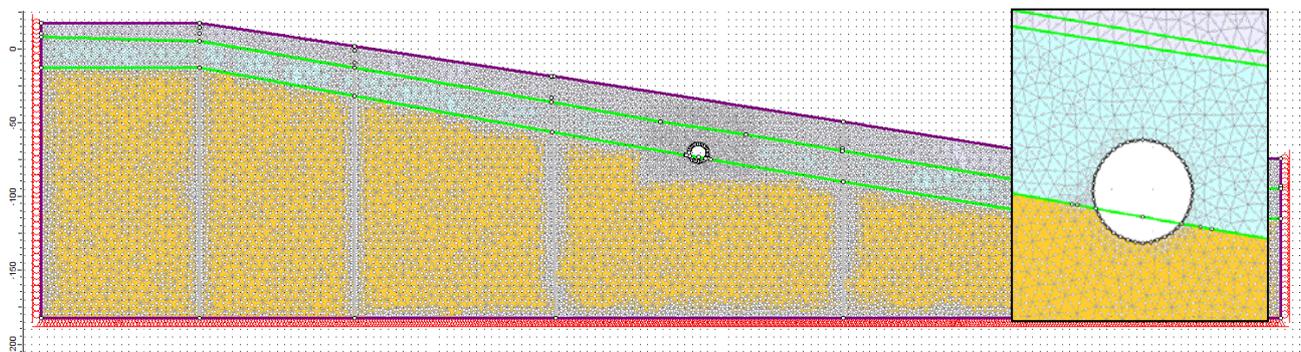


Figura 5.1. Analisi bidimensionale con scavo in meccanizzato – Sezione di calcolo

Stratigrafia di calcolo e caratteristiche fisico – meccaniche dei terreni sono i medesimi dell'analisi relativa allo scavo in tradizionale. Lo scenario di calcolo, diversamente dall'impianto progettuale del Progetto Definitivo, prevede che le attività di scavo non inducano perturbazione alcuna sul regime idrogeologico preesistente. Non è pertanto simulata la realizzazione del cunicolo drenante con relativo effetto in termini di abbassamento della superficie piezometrica. La falda si mantiene sul livello indisturbato per tutta la durata delle operazioni di scavo, proprio per effetto della specifica tecnologia di scavo con TBM\_EPB che prevede:

- applicazione di una contropressione di terra in camera di scavo necessaria alla preservazione dell'ammasso (stato tenso – deformativo in regime elastico) e al bilanciamento delle pressioni interstiziali associate alla piezometrica agente;
- installazione contestuale all'avanzamento del rivestimento definitivo a tenuta idraulica (anelli in conci prefabbricati dotati di guarnizione idraulica, intasamento intercapedine anulare a tergo conci con miscela bicomponente).

L'analisi è stata condotta in regime di tensioni efficaci.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>42 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	42 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	42 di 65								

Nella presente analisi non sono stati modellati i rivestimenti definitivi della galleria in quanto l'analisi ha come principale finalità quella di individuare gli effetti indotti dallo scavo sull'ammasso al contorno e sul soprastante corpo di frana in corrispondenza di determinati valori di volume perso.

Pertanto, l'analisi numerica è articolata secondo i seguenti stage successivi di calcolo:

1. Inizializzazione dello stato tensionale entro le formazioni che compongono la stratigrafia di calcolo;
2. Reset del campo di spostamento;
3. Rimozione del terreno all'interno del profilo di scavo della galleria e contestuale applicazione, sul contorno, delle forze fittizie di scavo, di entità pari allo stato tensionale locale in situ (Relax 0%);
4. Progressiva riduzione delle forze fittizie di scavo sino al completo rilassamento (Relax 100%);
5. Elaborazione della curva di convergenza del cavo.

La progressiva riduzione delle forze di scavo, come detto funzionale alla definizione della curva di rilassamento e all'individuazione del corrispondente volume perso per la presente sezione, avviene in successivi step di calcolo. Una volta definita la curva di rilassamento (vedi risultati nel successivo paragrafo) è stato scelto progettualmente di accettare in maniera cautelativa un volume perso dello 0.5%, correlato al 20% di rilascio tensionale dei terreni al contorno del cavo.

### 7.6.3.2. Risultati dell'analisi

Nel seguito si riportano i risultati in termini di spostamenti totali, spostamenti orizzontali e fenomeni di plasticizzazione e deformazioni di taglio in corrispondenza del rilascio del 20% delle forze fittizie di scavo, ovvero di un volume perso pari a 0.5%.

La seguente Figura mostra la percentuale di volume perso al variare del tasso di deconfinamento. Ad un volume perso di 0.3% corrisponde un rilascio tensionale del 15%, ad un volume perso di 0.5% corrisponde un rilascio del 20%.

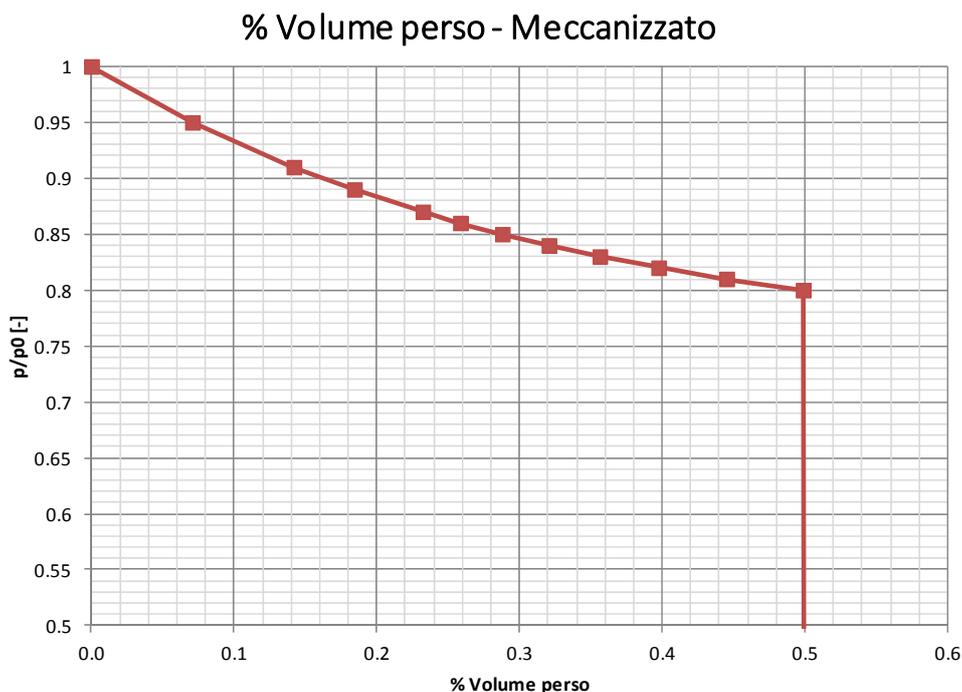
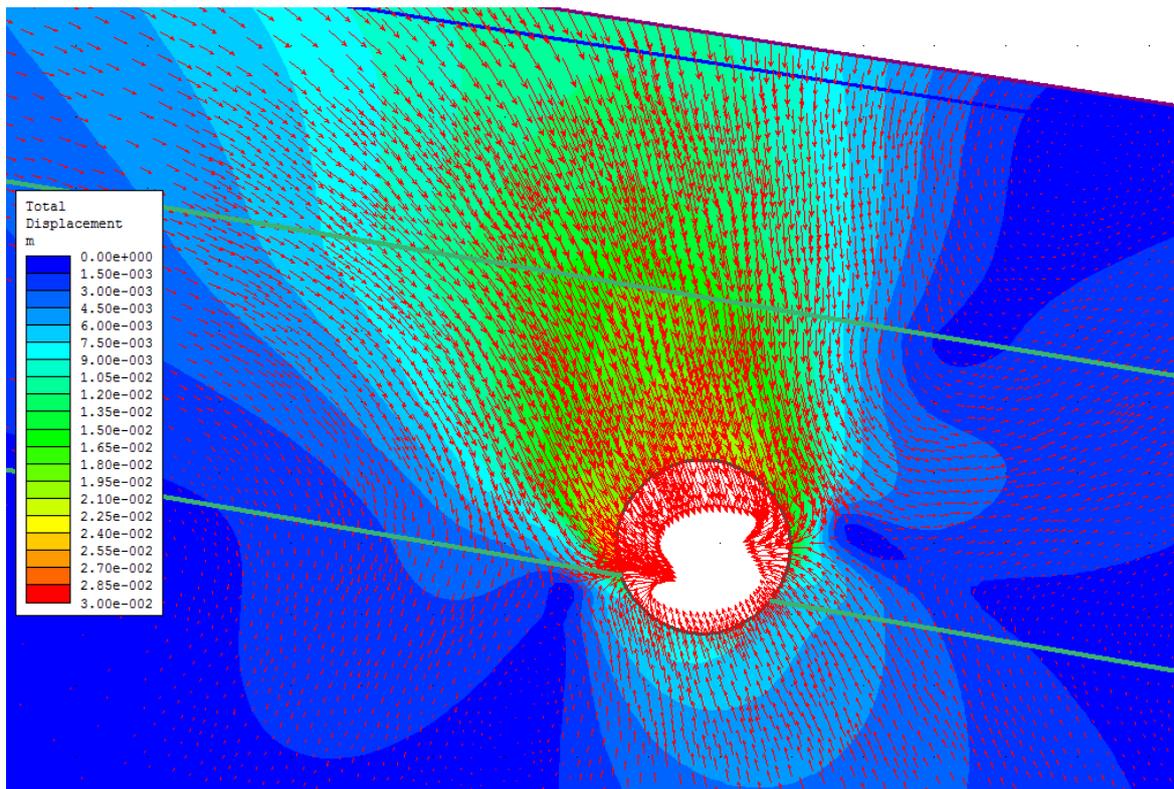


Figura 5.1. Risultati dell'analisi con scavo in meccanizzato – percentuale volume perso durante lo scavo

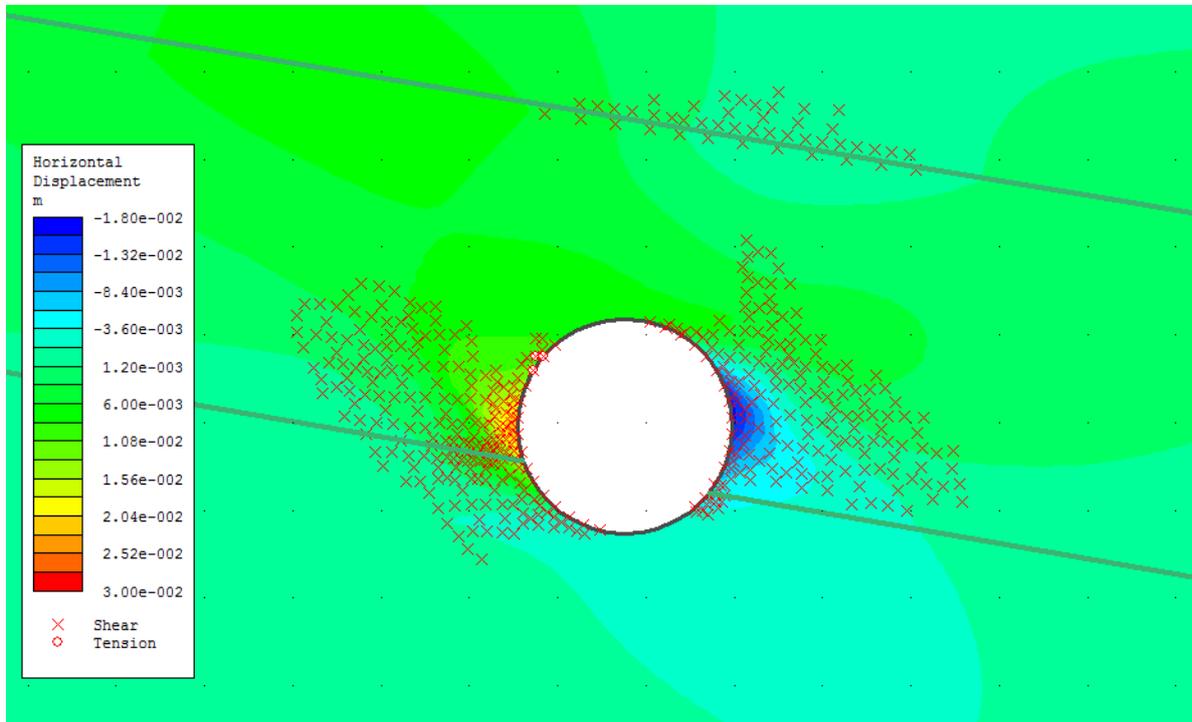
<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>43 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	43 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	43 di 65								

Il campo di spostamenti totali è prevalentemente verticale nella porzione di ricoprimento immediatamente sopra la calotta della galleria (massimo spostamento 2 cm), mentre ad una distanza di circa 2 diametri ( $\approx 24\text{m}$ ) dalla sezione di scavo, assume componente principale in direzione orizzontale nel volume a monte della galleria. Gli spostamenti orizzontali massimi mobilitati nel corpo frana sono dell'ordine del mezzo millimetro.



Risultati dell'analisi con scavo in meccanizzato –Spostamenti totali (Relax 100%)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consortio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>44 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	44 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	44 di 65								

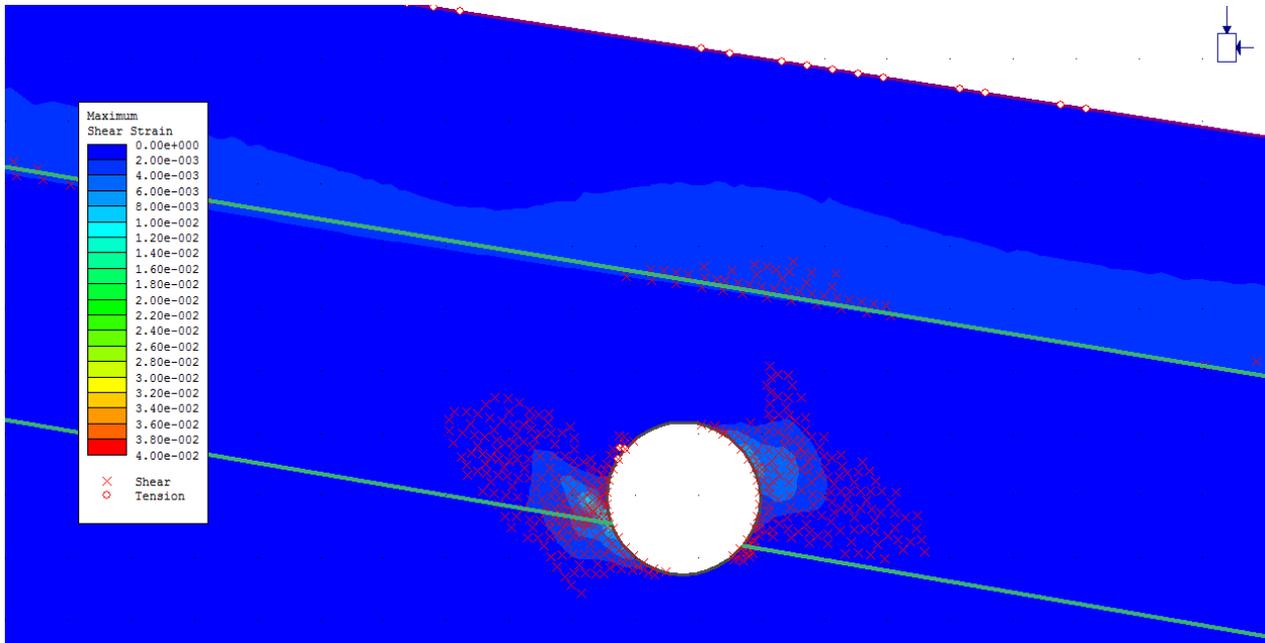


**Risultati dell'analisi con scavo in meccanizzato –Spostamenti orizzontali (Relax 100%)**

I fenomeni di plasticizzazione sono concentrati nelle fasce di piedritto del cavo. Tali fenomeni sono connessi principalmente al raggiungimento della resistenza a taglio dei materiali coinvolti.

Locali fenomeni di plasticizzazione si rilevano già in fase di inizializzazione dello sforzo geostatico in corrispondenza dell'interfaccia tra i depositi franosi e la formazione del Flysch Rosso a causa delle scarse risorse di resistenza del materiale superficiale e della conformazione geometrica del versante. Tuttavia, i risultati dell'analisi mostrano che lo scavo della galleria non interviene significativamente sull'estensione di tali fenomeni.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGIOLO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>45 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	45 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	45 di 65								



Risultati dell'analisi con scavo in meccanizzato –Deformazioni di taglio e plasticizzazioni (Relax 100%)

## 7.7. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

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.. apparentemente caratterizzato da un sostanziale stato di quiescenza della porzione mediana e basale e da indizi di recenti ri-attivazioni nella porzione sommitale.

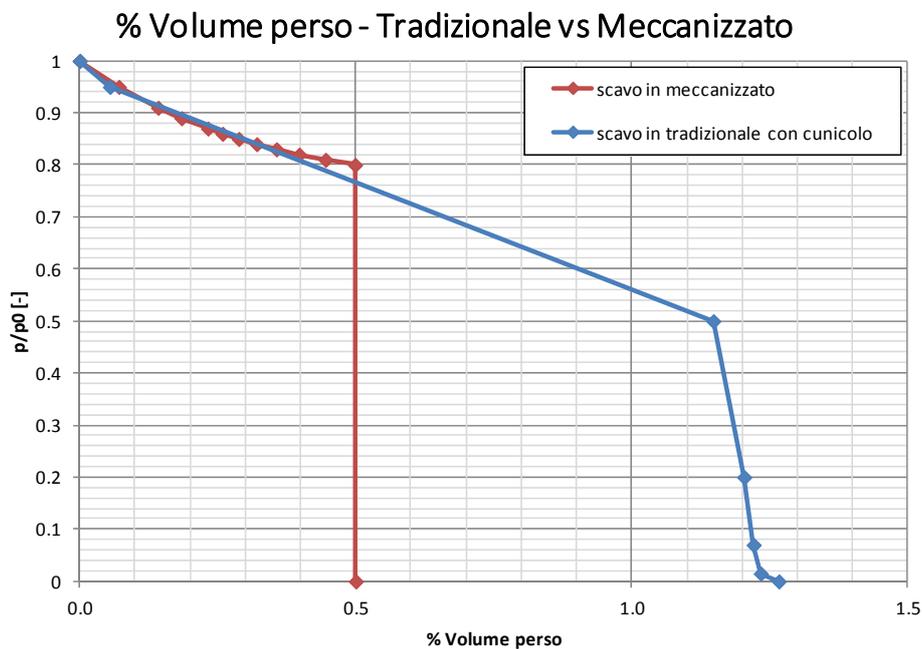
Il Progetto Definitivo prevede la stabilizzazione temporanea del versante mediante la realizzazione di un cunicolo drenante all'interno del corpo di frana prima dello scavo della galleria, da mantenere attivo fino al completamento delle opere ferroviarie. Inoltre, nel tratto di sottoattraversamento della frana, per una estensione di circa 150 m lungo l'asse del tracciato, si prevede di realizzare un intervento di drenaggio definitivo al contorno della galleria di linea, mediante la posa in opera di una membrana drenante tra il contorno di scavo e l'estradosso del rivestimento definitivo con lo scopo di mantenere attivi nel tempo gli effetti benefici della riduzione delle pressioni interstiziali nel volume significativo della galleria.

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'interno 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 appunto 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).

Gli esiti delle analisi preliminari, 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 con 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.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>46 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	46 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	46 di 65								

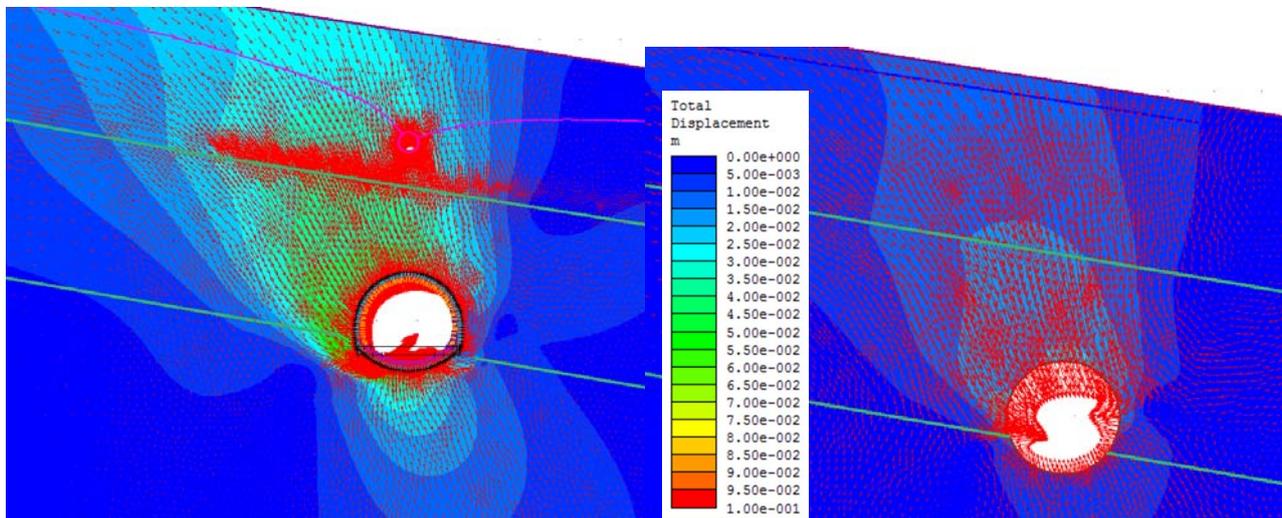
Nello specifico, dal confronto tra le due analisi bidimensionali svolte considerando i due differenti scenari realizzativi (scavo in tradizionale con cunicolo drenante preventivo e scavo in meccanizzato in assenza di cunicolo), emerge come il campo di spostamenti totali al contorno del cavo sia qualitativamente simile ma quantitativamente differente in quanto gli spostamenti mobilitati durante lo scavo tradizionale sono di circa 5 cm (associati ad un volume perso calcolato dell'1.3% ca) contro i 2 cm circa stimati per lo scavo in EPB (assumendo quale dato di progetto uno 0.5% di volume perso). Gli spostamenti orizzontali indotti dallo scavo della galleria sull'intero spessore del corpo di frana sono corrispondentemente ridotti: le analisi numeriche riproducenti lo scenario con scavo meccanizzato restituisce spostamenti orizzontali di circa mezzo millimetro a fronte dei 2 cm risultanti dall'analisi numerica relativa all'avanzamento in tradizionale.



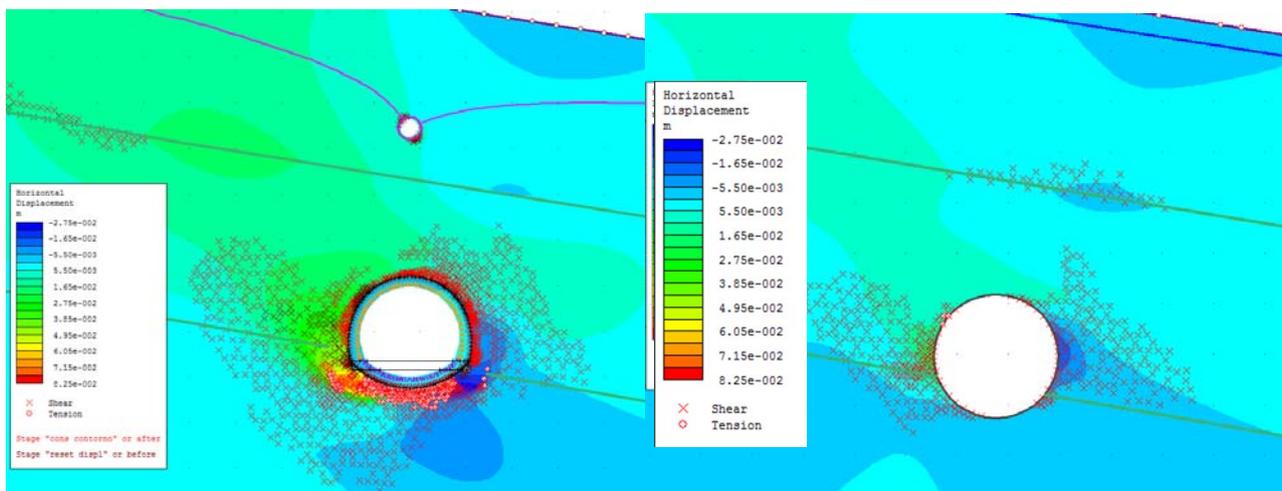
**Confronto risultati delle analisi con scavo tradizionale (sinistra) e con scavo in meccanizzato (destra) – % volume perso**

Le analisi numeriche, sia nel caso dello scavo tradizionale che nel caso dello scavo meccanizzato, restituiscono fenomeni del tutto locali di plasticizzazione all'interfaccia tra i depositi franosi e il substrato; tuttavia, ambedue le analisi escludono un'estensione significativa con propagazione di tali fenomeni conseguente allo scavo, non rilevandosi in particolare alcuna connessione tra la zona di disturbo plastico al contorno del cavo e il corpo di frana medesimo. Il franco presente tra la calotta e il corpo di frana presenta dunque sufficiente spessore per poter redistribuire le variazioni tensionali occorse durante lo scavo della linea

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>47 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	47 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	47 di 65								



**Confronto risultati delle analisi con scavo tradizionale (sinistra) e con scavo in meccanizzato (destra) – Spostamenti totali**



**Confronto risultati delle analisi con scavo tradizionale (sinistra) e con scavo in meccanizzato (destra) – Spostamenti orizzontali e fenomeni di plasticizzazione**

Si rileva, da ultimo, come la soluzione del meccanizzato consenta di escludere il ricorso al cunicolo di drenaggio preventivo quale apprestamento a presidio del corpo di frana in fase di scavo della galleria, scavo che avviene, pertanto, in condizione di regime idraulico del versante non perturbato. In conformità alle scelte progettuali operate nel progetto definitivo, la galleria Grottaminarda, a costruzione ultimata e durante l'esercizio della linea, sarà – ad ogni modo - dotata delle predisposizioni necessarie all'attivazione di un sistema di drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria, limitatamente al settore di sotto-atteveramento del corpo di frana.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>48 di 65</b>

## 8. CANTIERIZZAZIONE E FASI DI LAVORO

Come detto nel paragrafo introduttivo, il cantiere di alimentazione della TBM, che realizzerà le gallerie Grottaminarda e Melito, sarà ubicato in prossimità dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda in un'area che dovrà essere ampliata, rispetto alle previsioni del progetto definitivo, ed allestita a tale uso temporaneo. In questa area di cantiere arriveranno tutti i materiali necessari al funzionamento della TBM ed alla costruzione della galleria (in primis, i conci prefabbricati di rivestimento) e da qui verrà allontanato il marino risultante dallo scavo della galleria. Lo scavo delle due gallerie avverrà in continuità con la traslazione della TBM, opportunamente alleggerita mediante lo smontaggio di alcune sue parti, sul viadotto Melito. All'imbocco lato Napoli della galleria Melito sarà allestito il cantiere di arrivo della TBM, dove questa verrà smontata.

- Definizione delle macro-fasi di scavo e gestione del Cantiere (attacco degli scavi da Grottaminarda Sud, transito sul viadotto VI02, scavo galleria Rocchetta).
- Contemporaneità di alcune lavorazioni: predisposizione imbocco di uscita Grottaminarda, viadotto VI02.

La proposta di estendere lo scavo meccanizzato alle gallerie Grottaminarda e Melito consente di conseguire importanti vantaggi sull'intero sistema della cantierizzazione delle opere oggetto di Appalto che sono di seguito illustrati ponendo in evidenza le principali modifiche rispetto al Progetto Definitivo, nonché i benefici conseguibili.

### 8.1. LOGISTICA GENERALE, AREE DI CANTIERE E ACCESSO AREE DI LAVORO

#### 8.1.1. Aspetti generali

Uno degli aspetti migliorativi conseguente l'adozione dello scavo meccanizzato per le gallerie Grottaminarda e Melito consiste nel fatto che entrambe le gallerie verranno scavate, in sequenza, a partire da un unico cantiere ubicato all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda. Nel progetto definitivo, invece, la realizzazione delle gallerie nei tempi a disposizione era previsto dai due imbocchi per la galleria Grottaminarda e dai due imbocchi e dalla finestra carrabile intermedia per la galleria Melito. Ebbene, con l'adozione della tecnica dello scavo meccanizzato viene notevolmente ridotto il numero dei fronti di attacco delle gallerie e, quindi, dei relativi cantieri di lavoro.

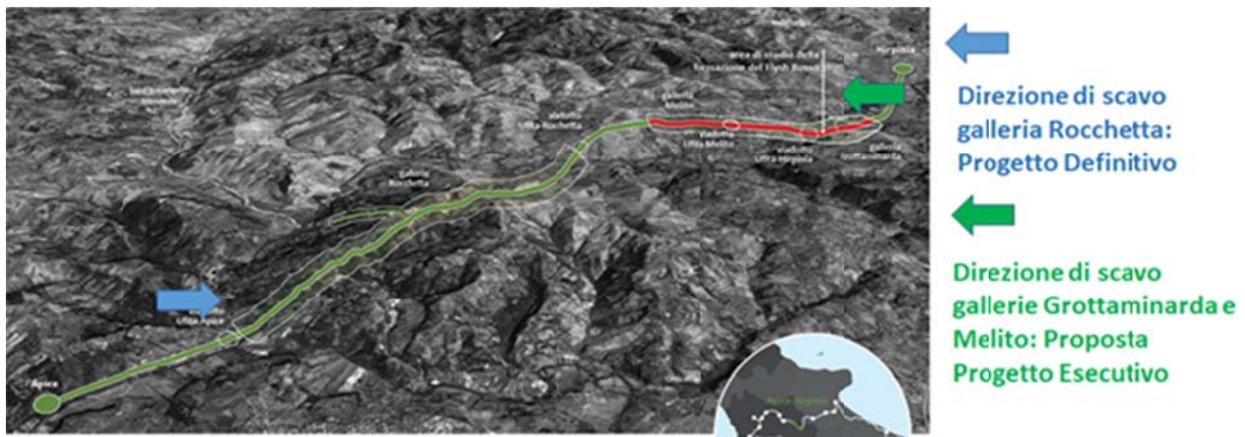
Il passaggio dal termine della galleria Grottaminarda all'inizio della galleria Melito comporta l'attraversamento dell'incisione ivi presente che avverrà transitando sul Ufita Melito (VI02).

La galleria Rocchetta verrà invece realizzata, come da progetto definitivo e di offerta, dall'imbocco lato Napoli verso l'imbocco lato Bari.

Considerata la lunghezza delle tre gallerie, gli scavi nelle due direzioni si equivalgono e risultano ben bilanciati per quanto riguarda lunghezze e volumi complessivi di marino: la galleria Rocchetta, infatti, sviluppa circa 6550 m, mentre la somma delle lunghezze di scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito è pari a circa 6400 m.

L'immagine che segue schematizza l'impostazione logistica generale dello scavo con TBM.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>49 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	49 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	49 di 65								



Direzioni di scavo per la galleria Rocchetta (conforme al Progetto Definitivo) e per le gallerie Grottaminarda e Melito (proposta Progetto Esecutivo)

Il cantiere di alimentazione della TBM che scaverà le gallerie Melito e Grottaminarda situato all'imbocco lato Bari di quest'ultima galleria, dovrà essere potenziato rispetto alla configurazione di progetto definitivo per poter supportare le nuove funzioni cui sarà destinato e, in particolare, per poter sorreggere la gestione dei volumi di marino provenienti dalle due gallerie e dei materiali da costruzione che vi confluiranno (conci prefabbricati, malte, additivi per lo scavo, etc.), nonché i flussi veicolari necessari per trasportare il marino ai siti di destinazione finale.

Pertanto, la "pressione" che generano i cantieri sul territorio tenderà quindi a concentrarsi nelle due aree di imbocco (imbocco lato Napoli galleria Rocchetta ed imbocco lato Bari galleria Grottaminarda) e diminuirà notevolmente in corrispondenza degli imbocchi intermedi. In coerenza con quanto previsto dal progetto definitivo e prescritto dall'Ordinanza n. 35 (cfr. punto 41), è necessario introdurre percorsi di cantiere alternativi che evitano l'utilizzo della viabilità minore in fase di cantiere e l'attraversamento dei centri abitati quali ad esempio il centro storico di Melito Vecchio.

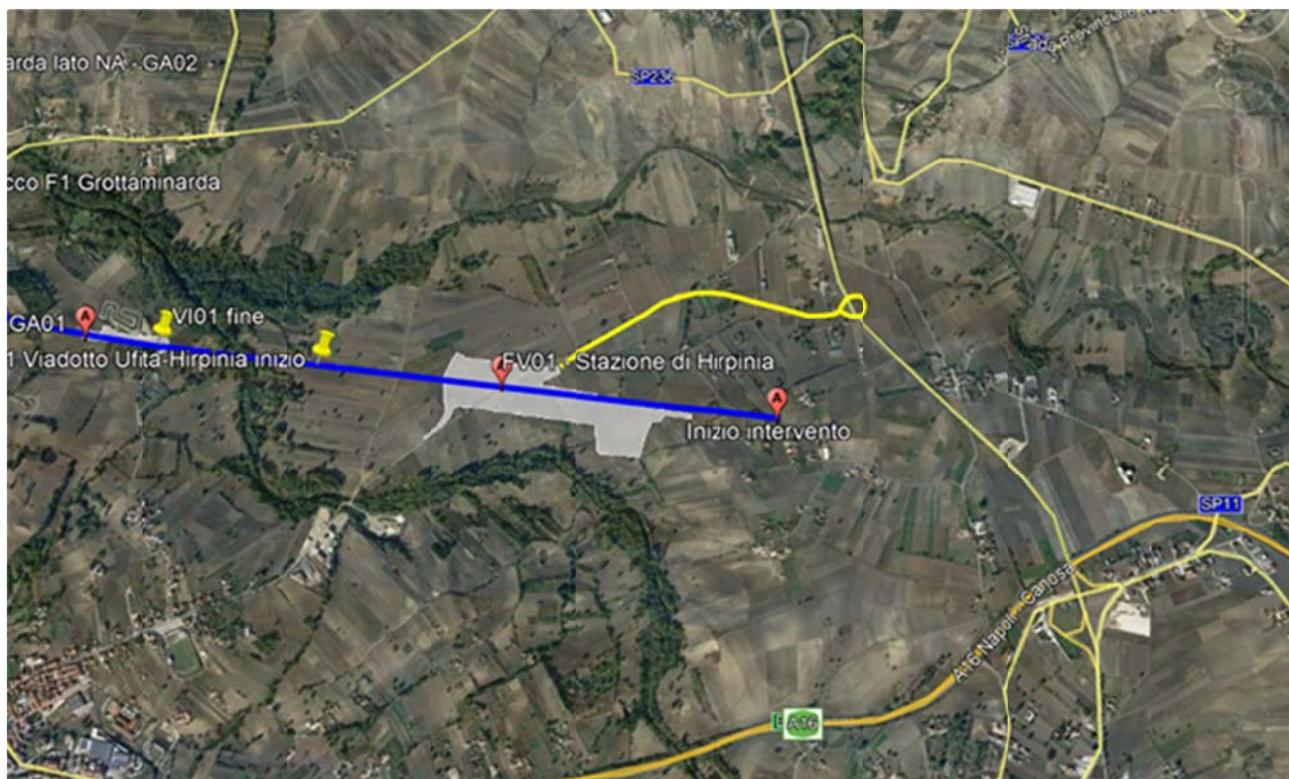
Sul lato galleria Rocchetta la proposta avanzata non modifica il quadro previsionale di progetto esecutivo mentre sul lato di attacco della galleria Grottaminarda si concentrerà il peso del cantiere logistico necessario per lo scavo delle due gallerie.

Ad ogni modo l'infrastruttura viaria per l'accesso all'imbocco Grottaminarda lato Bari è favorevole all'installazione di un cantiere di imbocco TBM. Il cantiere infatti si trova in prossimità di viabilità primaria (SS 90, Autostrada A16,) del tutto adeguata a garantire la movimentazione di materiali non solo con mezzi di trasporto ordinari, ma anche eccezionali quali ad esempio la TBM stessa.

Peraltro, la nuova viabilità prevista nell'Appalto consentirà il collegamento diretto dal cantiere alla SS 90 e da qui al sistema stradale/autostradale primario.

L'immagine seguente illustra il sistema infrastrutturale di accesso al cantiere Grottaminarda/Bari che nell'impostazione del progetto esecutivo diventa strategica per la realizzazione delle due gallerie.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A FOGLIO 50 di 65



Viabilità di accesso al cantiere della stazione Hirpinia e alla galleria Grottaminarda lato Bari

Atro beneficio per il territorio è l'eliminazione del campo base CB.02, con la conseguente riduzione dell'occupazione di suolo, che non risulta più indispensabile nella nuova configurazione che può essere supportata dal solo campo base previsto in prossimità dell'imbocco lato Napoli della galleria Rocchetta (CB.03). Il campo base CB.02, infatti, ubicato in progetto definitivo in posizione baricentrica del tracciato, perde buona parte della sua valenza per via dell'eliminazione dei fronti di scavo intermedi delle gallerie Grottaminarda e Melito.

### 8.1.2. Ottimizzazione aree di cantiere

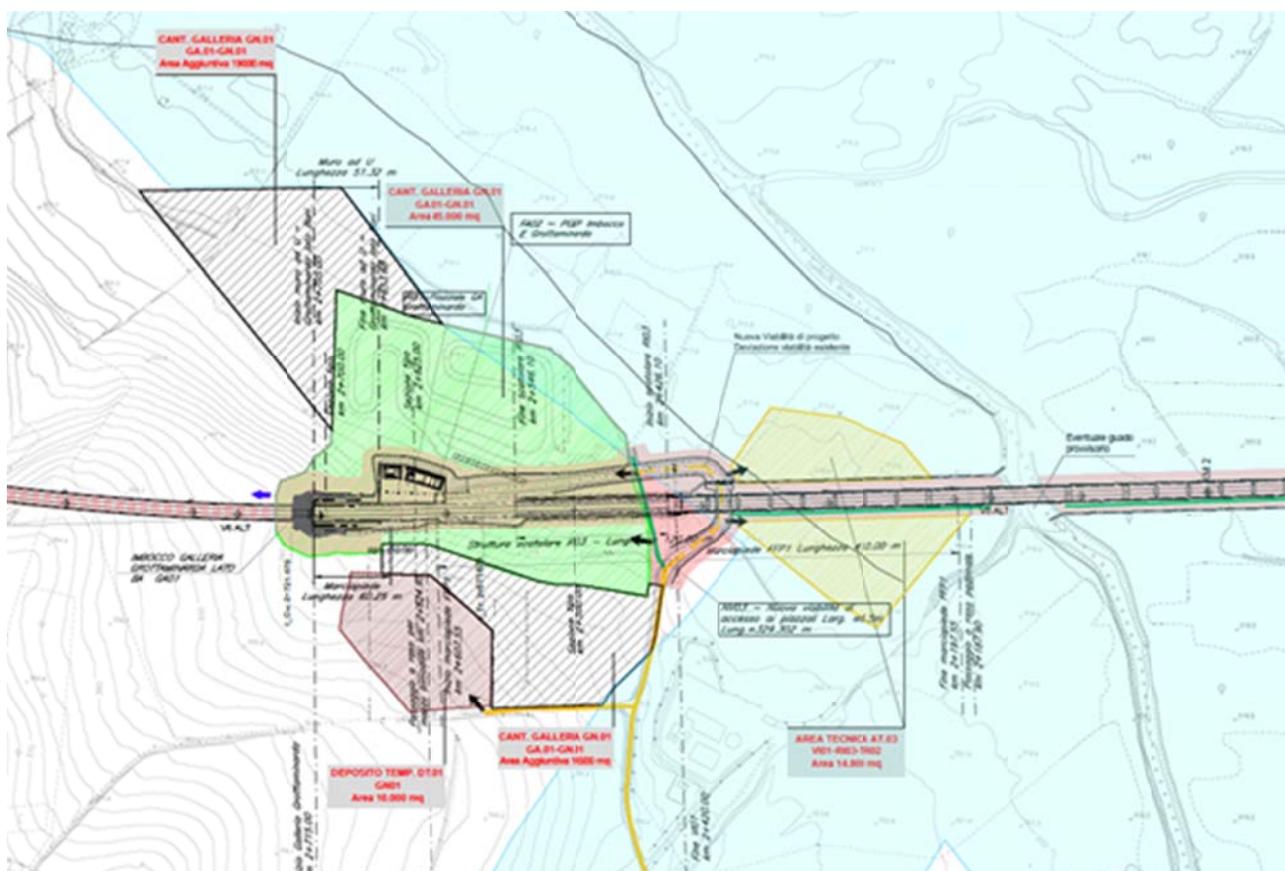
L'estensione dello scavo meccanizzato a tutte e tre le gallerie del lotto consente un'ottimizzazione generale delle aree di cantiere a supporto delle differenti lavorazioni.

L'area del cantiere denominata posta all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda dovrà essere ampliata per poter installare il cantiere TBM di circa 40.000 mq rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo ove il cantiere era funzionale allo scavo in tradizionale di parte della galleria Grottaminarda.

Tale fabbisogno è principalmente dettato dalla necessità di realizzare le aree di stoccaggio del marino condizionato proveniente dalle due gallerie, che necessita di un tempo per la caratterizzazione ambientale ed ecotossicologica nonché per la decantazione e il decadimento delle agenti utilizzati per il condizionamento stesso.

La figura che segue descrive le prime valutazioni sull'estensione dell'area di cantierizzazione, ottenuta utilizzando aree esterne al limite di rispetto della fascia fluviale individuata ai sensi del D.Lgs. 42/2004 Art. 142 c. 1 lett. c (in azzurro nella figura allegata). Le aree che ricadono all'interno della fascia di rispetto fluviale sono quelle già individuate nel Progetto Definitivo ed autorizzate.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO <b>IF28                      01                      E ZZ RG                      MD0000 002                      A                      51 di 65</b>



**Ipotesi allo studio per l'estensione delle aree del cantiere GN01 all'imbocco della galleria Grottaminarda – In azzurro le aree soggette a vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs. 42/2004 Art.142.**

A fronte dell'incremento dell'area di cantiere TBM si ha, oltre alla riduzione complessiva pari al 10% richiesto nel disciplinare di gara, una rimodulazione delle restanti aree di cantiere distribuite lungo l'intero tracciato con una diminuzione del numero di campi base ed una riduzione aree di stoccaggio. Le aree di deposito intermedio restano confermate così come individuate nel PD e approvate dal MATTM con parere n. 2641/2018.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 52 di 65

Le valutazioni di cui sopra sono da ritenersi una stima preliminare delle esigenze di cantierizzazione per l'introduzione dello scavo meccanizzato lato Grottaminarda per la variante migliorativa proposta: ridistribuzioni di superficie tra le diverse aree a disposizione indicate nel progetto a base gara saranno effettuate in sede di sviluppo del progetto esecutivo, una volta analizzate nel dettaglio le esigenze legate alla costruzione di tutte le opere lungo linea.

L'effettiva cantierabilità delle aree sarà, inoltre, verificata in relazione alle problematiche di accesso e installazione di impianti e allacciamenti per forniture varie, tenendo in debito conto l'acclività dei versanti sui cui le stesse sono ubicate. Un contributo a dette valutazioni sarà dato dall'integrazione dei rilievi topografici, descritta nella Relazione di sistema, proprio nelle zone di imbocco delle gallerie che presentano le condizioni di cantierizzazione più difficile.

In ogni caso, redistribuzioni e acquisizioni di nuove e diverse aree, rispetto a quanto sopra indicato e previsto nel Progetto Definitivo, saranno fatte nel rispetto dei principi generali di Appalto, richiamati in precedenza.

### 8.1.3. Approvvigionamento materiali e stoccaggio conci

La produzione dei concii prefabbricati per il rivestimento delle gallerie avverrà in impianti specializzati esterni alle aree di cantiere, ciò anche al fine di ridurre l'utilizzo del territorio. Gli elementi prefabbricati saranno trasportati, tramite viabilità ordinaria, ai due imbocchi lato Bari della galleria Grottaminarda e lato Napoli della galleria Rocchetta in cui saranno ubicate apposite aree di stoccaggio provvisorio atte a garantire la continuità dello scavo per alcuni giorni in caso di impossibilità di approvvigionamento dai siti di produzione al cantiere (blocco viabilità ordinaria, giorni festivi etc.).

Le aree di stoccaggio saranno attrezzate con carri ponte per garantire efficienti flussi di movimentazione degli elementi sia in fase di scarico dei mezzi in arrivo dai siti di produzione, sia in fase di carico dei mezzi MSV che verranno utilizzati per il trasporto degli stessi al fronte di scavo.

Da questo punto di vista il cantiere all'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda è ubicato in posizione ideale rispetto alla viabilità principale (cfr. § 8.1.1), per quanto riguarda il trasporto di prefabbricati, ciò che permette di evitare impatti significativi sulla viabilità ordinaria intermedia, in particolare quella di collegamento tra i diversi imbocchi delle gallerie.

## 8.2. TRANSIZIONE TBM ATTRAVERSO IL VIADOTTO V102 UFITA-MELITO

La soluzione migliorativa che prevede lo scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito con TBM comporta la necessità di transizione della macchina attraverso il viadotto Ufita Melito (V102), che dovrà pertanto essere realizzato prima del passaggio della TBM.

La tipologia costruttiva del viadotto e le soluzioni fondazionali sono descritte nelle Relazione di Sistema, a cui si rimanda per ulteriori dettagli. L'intero viadotto è realizzato con travate in acciaio-calcestruzzo ad eccezione delle due campate laterali tra le spalle e la prima pila che sono realizzate in c.a.p.

La necessità di varare in tempi rapidi l'impalcato in acciaio per consentire il transito della TBM richiede che nel progetto esecutivo sia studiata una soluzione di varo dal basso attraverso autogrù, posizionate su piazzole di lavoro che saranno utilizzate anche per le operazioni di montaggio e smontaggio delle TBM stesse, come descritto nel seguito. Apposite piste di cantiere dovranno essere realizzate per raggiungere le pile in alveo sia per l'esecuzione dei diaframmi di fondazione delle pile ed il getto delle stesse, sia per consentire il successivo varo della campata centrale del viadotto.

La problematica della transizione comporta l'analisi di due distinte tematiche:

- la compatibilità dei carichi della TBM rispetto all'impalcato di progetto;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">53 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	53 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	53 di 65								

- la risoluzione dell'interferenza della macchina di scavo con il By-Pass viario previsto all'imbocco lato Napoli della galleria Grottaminarda per salvaguardare la continuità della circolazione veicolare, come prescritto al punto 42 dell'Ordinanza n. 35.

### 8.2.1. Compatibilità dei carichi della TBM rispetto all'impalcato del viadotto Ufita Melito

Le problematiche principali legate all'attraversamento del viadotto sono principalmente due:

- lo scudo della macchina comprensivo di testa fresante intera ha un peso di circa 1000 t: tale carico è significativamente più elevato dei carichi di progetto;
- la differenza di quota tra l'impalcato definitivo e l'intradosso dello scudo della TBM è pari a circa 3 metri a cui si deve aggiungere l'altezza del carrello di trasporto.

Per poter effettuare la traslazione della TBM lungo il viadotto sono state prese in considerazione diverse possibilità:

- Ipotesi viadotto rinforzato:** prevede la traslazione della TBM (scudo e testa fresante intera) e successivamente dei carri direttamente sull'impalcato definitivo completato prima dell'arrivo della TBM all'imbocco Grottaminarda lato Napoli.
- Ipotesi varo provvisorio:** prevede la traslazione della TBM (scudo e testa fresante intera) e successivamente dei carri utilizzando una struttura di varo appositamente configurata e appoggiata provvisoriamente sulle pile del viadotto.
- Ipotesi smontaggio-rimontaggio TBM:** prevede lo smontaggio della TBM in elementi in modo da ridurre il peso e permettere il transito sull'impalcato definitivo, completato comunque prima dell'arrivo della TBM stessa all'imbocco Grottaminarda lato Napoli.

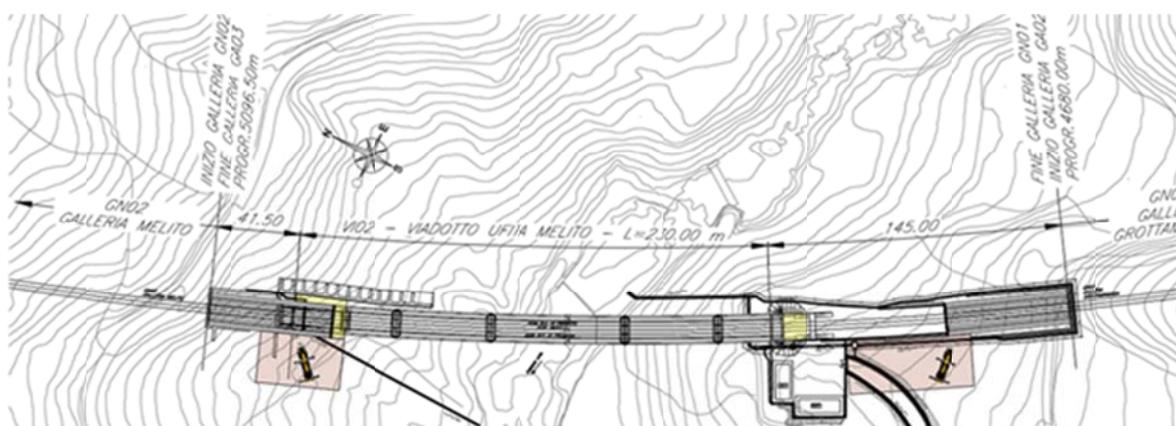
Comparate le diverse ipotesi, la soluzione n. 3 (*smontaggio-riassembaggio della TBM*) è risultata la più vantaggiosa, in quanto:

- non sono richieste significative opere provvisorie aggiuntive rispetto a quelle del progetto definitivo;
- non è necessario un pre-imbocco in naturale per permettere il montaggio dei carrelli della TBM;
- è possibile utilizzare mezzi di sollevamento e movimentazione compatibili con gli spazi disponibili e con la complessa orografia dei luoghi.

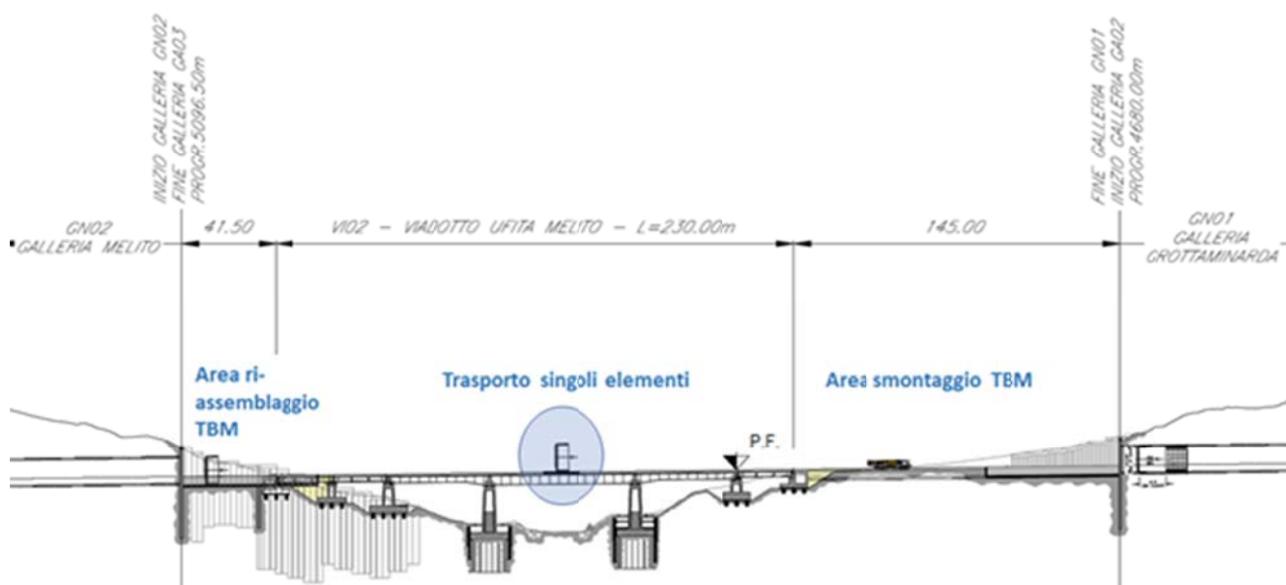
Più nel dettaglio, l'ipotesi di traslazione nella soluzione n° 3, che verrà sviluppata nel progetto esecutivo, prevede le seguenti fasi realizzative:

- la creazione di due piazzali in corrispondenza degli imbocchi dove smontare la TBM;
- smontaggio della TBM in elementi di peso pari a circa 250 ton;
- il trasporto degli elementi della TBM mediante carrelli tipo SPTM sul viadotto definitivo con scarico massimo per asse pari a circa 15 ton;
- il riassembaggio della TBM all'imbocco della Galleria Melito;
- il completamento dell'ultima campata in c.a.p. del viadotto lato Napoli dopo l'ultimazione dello scavo dell'intera galleria Melito. In questo modo si crea lo spazio sufficiente per la ripartenza della TBM senza dover effettuare un pre-imbocco con scavo in tradizionale.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A FOGLIO 54 di 65



Ipotesi di cantierizzazione allo studio per la traslazione TBM lungo il viadotto VI02 - Planimetria



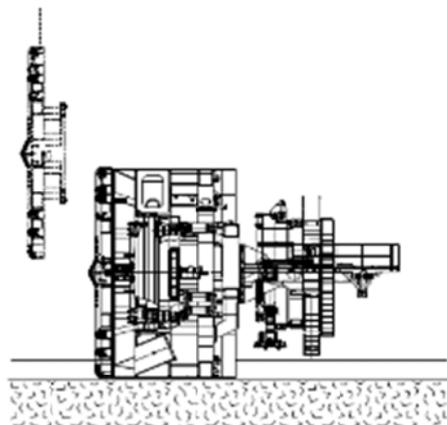
Ipotesi di cantierizzazione allo studio per la traslazione TBM lungo il viadotto VI02 – Sezione longitudinale

Lo smontaggio della TBM avverrà secondo la sequenza di massima di seguito indicata:

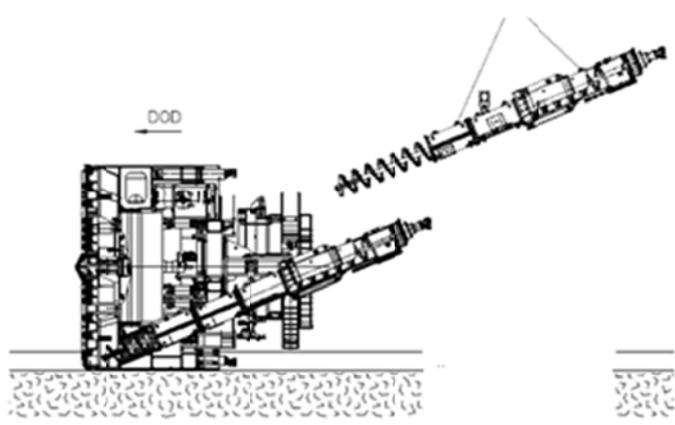
- testa fresante;
- scudo di coda;
- coclea;
- erettore;
- scudo superiore;
- main drive e cilindri di spinta;
- segmenti laterali dello scudo (sinistro e destro) e infine segmento inferiore.

La figura seguente riporta alcune immagini dello studio relativo allo smontaggio della TBM, realizzato in questa fase, al fine di verificare quanto proposto. Il progetto esecutivo svilupperà nel dettaglio le fasi di smontaggio e trasporto delineate nel presente documento.

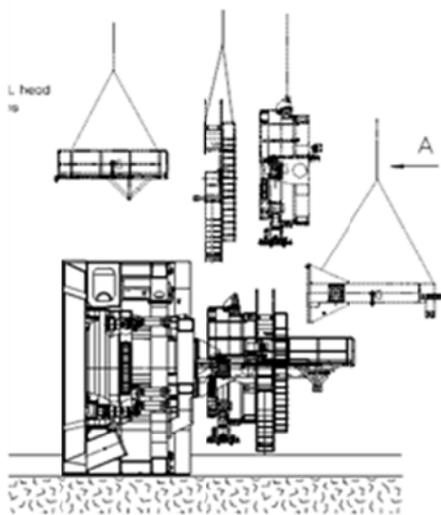
<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>55 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	55 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	55 di 65								



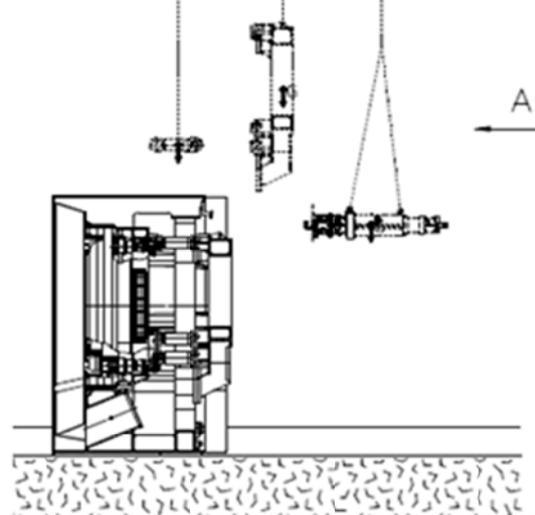
**Smontaggio testa fresante**



**Smontaggio scudo di coda e coclea**



**Smontaggio erettore e main beam**



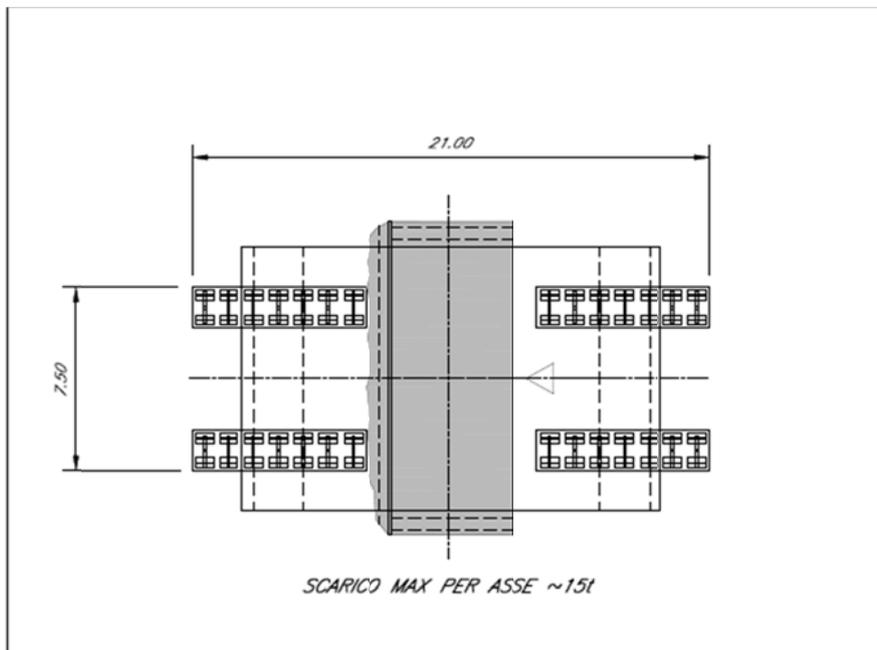
**Smontaggio main drive, cilindri di spinta e scudo**

**Fasi di smontaggio della TBM**

Le parti della TBM, disassemblate come indicato in precedenza, saranno sollevate attraverso apposita autogrù (o gru a cavalletto) e posate su carrelli trasportatori tipo SPTM che saranno traslati sul viadotto fino all'imbocco della galleria Melito, lato Bari e qui riasssemblati.

Nella immagine successiva è riportato uno studio relativo ad un possibile schema di configurazione dei carrelli SPTM che saranno utilizzati per il trasporto delle parti di TBM sul viadotto VI02.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA    LOTTO                      CODIFICA                      DOCUMENTO                      REV.                      FOGLIO IF28                      01                      E ZZ RG                      MD0000 002                      A                      56 di 65



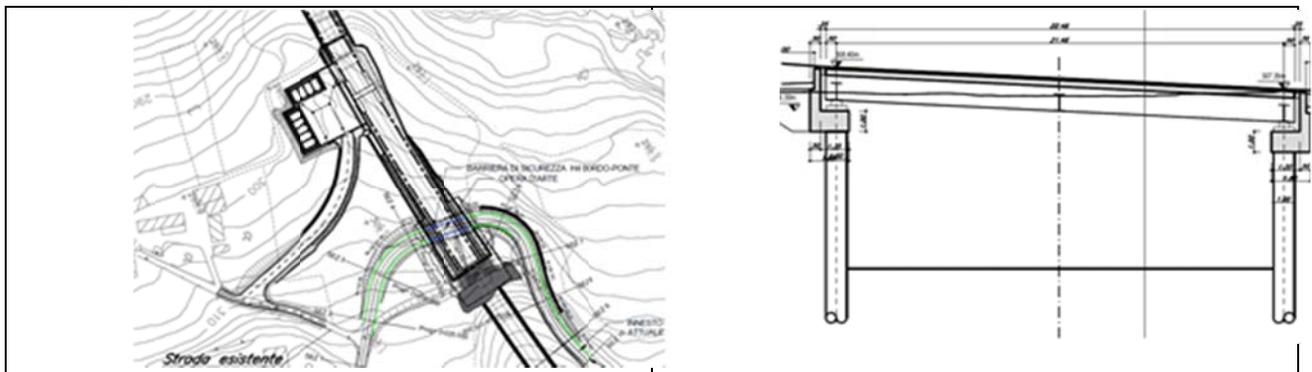
Configurazione in pianta carrelli trasportatori SPTM

### 8.2.2. Risoluzione della interferenza con il by-pass viario all'imbocco Grottaminarda lato Napoli

La prescrizione n. 42 dell'Ordinanza n. 35 richiede di prevedere la realizzazione di un by-pass viario (ndr. all'imbocco della galleria Grottaminarda), finalizzato allo scavo dell'imbocco della galleria Grottaminarda lato Napoli salvaguardando la continuità della circolazione veicolare.

Tale prescrizione, graficizzata nell'Allegato 43 alla Convenzione per la progettazione esecutiva, prevede la realizzazione di un impalcato da appoggiare al di sopra delle opere di provvisori di imbocco: tale deviazione e l'impalcato "vivono" di fatto in tutte le fasi costruttive dell'opera in modo da garantire la continuità della circolazione a senso unico alternato.

Le immagini seguenti riportano la soluzione contenuta nell'Allegato 43.



By-pass provvisorio stradale in corrispondenza dell'imbocco galleria Grottaminarda lato Napoli – Pr. 42 dell'Ordinanza n° 35.

Fatti salvi ulteriori approfondimenti e migliorie da analizzare in sede di sviluppo del progetto esecutivo, la soluzione ipotizzata per la traslazione della TBM prevede le seguenti fasi:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGIO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>57 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	57 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	57 di 65								

- realizzazione delle opere di imbocco come da progetto definitivo, con un leggero allargamento per consentire la successiva traslazione della TBM;
- realizzazione dell'impalcato provvisorio come proposto nell'Allegato 43 alla Convenzione per l'attuazione della prescrizione n. 42;
- scavo dell'imbocco e realizzazione della galleria artificiale, che sarà leggermente più ampia per consentire il passaggio della TBM;
- realizzazione della "culla" per la traslazione della TBM sotto tale impalcato;
- ripristino della viabilità in posizione originaria sopra la galleria artificiale realizzata in fase precedente;
- smontaggio dell'impalcato provvisorio;
- traslazione della TBM fino al piazzale di smontaggio indicato nella precedente Figura 5-6; i vari elementi della TBM saranno quindi sollevati e posati su idoneo carrellone per il trasporto degli stessi lungo il viadotto al piazzale lato Melito, dove la TBM sarà riasssemblata.

### 8.3. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

La variante relativa alla realizzazione delle gallerie Melito e Grottaminarda non comporterà, a giudizio della scrivente, modifiche sostanziali al Piano di Utilizzo approvato dal MATTM con parere n. 2641/2018 (cod. elab. IF0G01D69RGTA0000001B) in quanto:

- Volume: non comporta un incremento dei volumi di scavo in misura superiore al 20%, si avrà ragionevolmente un decremento dei volumi conseguente la riduzione della sezione di scavo;
- Siti di destinazione finale: sono confermati quelli già individuati (a meno di ulteriori verifiche da parte del proponente);
- Siti di deposito intermedio: sono confermati quelli già individuati;
- Tecniche di scavo: la tecnica dello scavo meccanizzato è già prevista per la galleria Rocchetta e qui viene estesa anche gallerie Melito e Grottaminarda.

Ad ogni modo l'Appaltatore fornirà al Proponente tutte le informazioni utili ad aggiornare il piano sia con riferimento allo sviluppo della progettazione esecutiva sia riscontrando le prescrizioni MATTM del parere n. 2641/2018 di competenza dell'Appaltatore (rif. Allegato 7.2 alla Convenzione) sia fornendo, a propria cura e spese, i dati necessari in coerenza con quanto fatto dal Proponente nella fase di PD (es. studio ecotossicologico sulle gallerie Melito e Grottaminarda).

Si riporta di seguito un breve approfondimento.

#### 8.3.1. Caratterizzazione ambientale

##### 8.3.1.1. Indagini in fase progettuale

Come ampiamente descritto nella Relazione di Sistema, i materiali di scavo sono già stati campionati e la caratterizzazione ritenuta esaustiva dall'Autorità competente. La variante non comporta in tal senso variazioni al Piano di Utilizzo.

#### 1. Indagini ambientali

In fase di progettazione esecutiva, in occasione della programmata campagna geognostica (descritta al § 5.2 della Relazione di Sistema) saranno integrate le analisi già effettuate al fine di:

- campionare e analizzare i materiali lungo le gallerie in modo da avere almeno un campione analizzato per ogni formazione tipo in ogni galleria e conoscere il valore di fondo naturale;
- campionare e analizzare i materiali soggetti a scavo lungo linea per le parti d'opera all'aperto;
- prelevare campioni di acqua dalle falde profonde interessate dallo scavo delle gallerie per analizzare le proprietà chimiche.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>58 di 65</b>

Per le procedure di campionamento, caratterizzazione chimico fisica e accertamento delle caratteristiche di qualità ambientale si applicheranno le procedure indicate dagli Allegati 2 e 4 del DPR 120/17.

## 2. Indagini ecotossicologiche

Analogamente a quanto eseguito dal Proponente per la galleria Rocchetta, l'Appaltatore eseguirà per le gallerie Melito e Grottaminarda lo studio ecotossicologico relativo allo scavo con metodo meccanizzato.

Tale studio sarà eseguito con le stesse modalità operative utilizzate per lo studio della galleria Rocchetta opportunamente integrato dal parere dell'ISS (cfr. Pr. 2 parere MATTM n. 2641/2018) al fine di verificare la possibilità di utilizzare, per il litotipo prevalente delle due gallerie, agenti condizionanti di n. 4 case produttrici (es. Mapei, Lamberti, Basf e Condat) e agenti condizionanti con additivo anti-clogging in quanto, come anticipato in precedenza, per lo scavo nel FYR è emerso un quadro con potenziale clogging classificabile come alto/medio alto. Dovrà pertanto prevedersi additivazione polimerica per la mitigazione del rischio congiuntamente all'iniezione degli ordinari agenti schiumogeni in camera di scavo.

Le attività sperimentali di carattere chimico ed eco-tossicologico di supporto alla definizione del piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo, analoghe a quelle eseguite da Italferr (rif. All. 13 e 14 del PUT), consistono sinteticamente in:

- preparazione dei campioni di terreno opportunamente trattati chimicamente così da simulare le caratteristiche del terreno di risulta dello scavo;
- definizione e sviluppo di uno specifico protocollo sperimentale necessario allo studio degli effetti degli agenti chimici iniettati nel terreno sull'ambiente, inclusivo di studi di biodegradazione, studi ecotossicologici e realizzazione in scala di laboratorio di una serie di campioni rappresentativi del materiale di risulta sui quali eseguire tali attività sperimentali;
- definizione di tutti gli elementi necessari a caratterizzare il terreno di risulta per l'aggiornamento redazione del PUT.

Tali attività possono concettualmente essere suddivise nella caratterizzazione di ciascun prodotto dal punto di vista chimico ed eco-tossicologico e nella caratterizzazione di ciascuna combinazione di litologia/agente condizionante.

Per quanto riguarda le attività sperimentali, verrà eseguito:

- Studio e caratterizzazione degli agenti condizionanti e dei loro composti ovvero lo studio della composizione chimica di ciascun prodotto, lo studio delle schede di sicurezza, del profilo ecotossicologico di ciascun composto e il controllo presso una serie di database di eventuali rischi già noti. Tutti i prodotti condizionanti verranno caratterizzati in termini di curva di biodegradazione massima a 28 giorni e verifica al tempo t=0, t=7, t=14 e t=28.
- Preparazione dei campioni di terreno condizionato in quanto per l'esecuzione degli studi chimici ed ecotossicologici è necessaria l'esecuzione di prove di laboratorio su campioni che abbiano le caratteristiche del terreno una volta estratto dalla camera di scavo. Per tale motivo è necessario eseguire il condizionamento del campione di terreno con i dosaggi precedentemente individuati dagli studi geotecnici e preparazione del campione di terreno non condizionato (bianco).
- Preparazione dei campioni per le prove sperimentali in quanto l'esecuzione delle prove di laboratorio chimiche ed ecotossicologiche richiede campioni con precise caratteristiche; pur essendo l'esecuzione di tali prove oggetto di standard comunemente accettati, le caratteristiche dei terreni estratti e degli agenti condizionanti sono tali da richiedere delle complesse procedure di preparazione, diluizione, estrazione o filtrazione del campione differenti da terreno a terreno.
- Esecuzione delle prove chimiche ed ecotossicologiche ovvero dovranno essere sviluppate prove di laboratorio necessarie a verificare che, pur modificando il dosaggio e la composizione chimica degli agenti condizionanti, sia comunque possibile riutilizzare ciascun litotipo condizionato dopo 0 giorni o, alternativamente, dopo 7 giorni anche nel caso di aggiunta di polimero. Questo richiede l'esecuzione di prelievi da ciascun campione di terreno precedentemente condizionato, la preparazione dei provini e l'esecuzione di una serie di prove chimiche ed ecotossicologiche (TOC, MBAS, pH, Vibrio Fischeri, Daphnia Magna).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>59 di 65</b>

### 8.3.1.2. *Indagini in fase realizzativa*

#### 1. Gestione dei materiali di scavo condizionati

Tutto il materiale di scavo proveniente dalle gallerie sarà trattato in apposite vasche di stoccaggio posizionate all'imbocco Grottaminarda/Bari.

La variante introdotta non altera l'impostazione del cantiere Rocchetta, ma richiede (cfr. § 5.1) l'estensione di quello lato Grottaminarda per consentire non solo l'allestimento del cantiere TBM ma soprattutto lo stoccaggio temporaneo del materiale trattato.

Poiché, come visto precedentemente lo scavo nel FYR presenta un quadro caratterizzato da potenziale clogging alto/medio alto, è prevista additivazione polimerica per la mitigazione del rischio congiuntamente all'iniezione degli ordinari agenti schiumogeni in camera di scavo. Tale additivazione richiede un tempo di decadimento delle sostanze polimeriche stimato in almeno 7 giorni, pertanto la capacità di stoccaggio temporaneo del materiale in attesa di caratterizzazione sarà di conseguenza aumentata in ragione del maggior tempo necessario sia per il decadimento degli agenti condizionanti sia per l'attesa degli esiti delle caratterizzazioni ambientali ed ecotossicologiche.

La superficie di stoccaggio stimata in questa prima fase di analisi da posizionare all'imbocco del cantiere Grottaminarda lato Bari è circa pari a 50.000 mq ipotizzando lo stoccaggio del materiale in vasche di 3.000/5.000 mc ciascuna. Tale grandezza permette di eseguire i campionamenti su cumuli/vasche di volumetria congruente con le disposizioni di legge e secondo i criteri anticipati nella Relazione di Sistema.

Le considerazioni sopra riportate unite alle analisi degli spazi operativi per la gestione del cantiere TBM hanno portato alla definizione della superficie totale del cantiere GN01, riportata nei paragrafi precedenti, relativi agli aspetti di logistica generale (cfr. § 5.1). Gli stessi criteri di stoccaggio e campionamento peraltro saranno utilizzati anche per il cantiere all'imbocco Rocchetta/Napoli.

Resta inteso che le valutazioni sopra riportate sono da ritenersi delle indicazioni di fattibilità, da confermare/analizzare nel dettaglio in sede di sviluppo della variante esecutiva proposta.

Per quanto riguarda le procedure di campionamento in fase realizzativa, si applicheranno le stesse procedure già indicate nel Piano di Utilizzo approvato ovvero verifiche ambientali in attuazione della prescrizione n. 1 del parere MATTM n. 2641/2018 (cfr. § 5.13.1 della Relazione di Sistema) e verifiche ecotossicologiche (cfr. Allegato 13 del PUT a cui si rimanda), mutate alle gallerie Melito e Grottaminarda a seguito degli esiti del realizzando studio.

Inoltre, sarà verificata la completezza ed esaustività dell'indagine conoscitiva con particolare attenzione alla presenza di eventuali potenziali anomalie legate ad attività antropiche attive o preesistenti o a caratteristiche geologiche delle aree in cui si trovano i siti di scavo.

#### 2. Indagini ambientali

La modifica della tecnica di scavo non comporta alcuna modifica rispetto a quanto già previsto nel PD.

Come indicato nella Relazione di Sistema (cfr. Pr. 1 parere MATTM n. 2641/2018, § 5.13.1), le indagini in corso d'opera sui materiali qualificati come sottoprodotti, sia per le aree di lavoro che lungo linea, saranno eseguite sui materiali già scavati in funzione del processo che li ha generati al fine di verificare l'assenza di contaminazione durante la fase di scavo. In base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, le caratterizzazioni avverranno alternativamente secondo una delle seguenti modalità:

- su cumuli o vasche all'interno di opportune aree di caratterizzazione;
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento;
- sull'intera area di intervento.

Le caratterizzazioni saranno eseguite presso opportune "piazze di caratterizzazione" o vasche nel sito di produzione e non necessariamente in corrispondenza delle aree di deposito in attesa di utilizzo individuate in funzione della tipologia con cui viene scavato il materiale con frequenza 1/3.000÷5.000 mc.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table 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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">60 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	60 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	60 di 65								

### 3. Indagini ecotossicologiche

La caratterizzazione per la verifica ecotossicologica, che avverrà con la stessa frequenza della caratterizzazione ambientale, sarà eseguita secondo il protocollo riportato all'Allegato n. 13 del PUT approvato opportunamente aggiornato in base agli esiti dello studio a carico dell'Appaltatore sulle gallerie Melito e Grottaminarda.

#### 8.3.2. Volumi di scavo

Per quanto riguarda le volumetrie di scavo, che saranno consegnate - nel bilancio complessivo - in base alle tempistiche indicate in Convenzione, si anticipa che si attende ragionevolmente una riduzione conseguente la riduzione della sezione di scavo delle gallerie Melito e Grottaminarda.

#### 8.3.3. Siti di destinazione finale

Si confermano le previsioni dei siti di destinazione finale indicati nel PUT approvato dal MATTM con parere n. 2641/2018 (cfr. § 5.13.8 della Relazione di Sistema) e si ricorda di considerare:

- l'esigenza di conferire giornalmente circa 5.000 mc/banco;
- la disponibilità dei siti di ricevere il materiale anche nelle giornate di sabato e domenica;
- la disponibilità dei siti di ricevere il materiale dalle 06:00 alle 22:00;
- la disponibilità dei siti a ricevere materiale condizionato e biodegradato.

#### 8.3.4. Siti di deposito intermedio

I siti di deposito intermedio, intesi come aree per il deposito temporaneo dei materiali di scavo qualificati come sottoprodotti e destinati al riutilizzo presso siti esterni o interni all'opera, sono già stati individuati nel PUT ed approvati dal MATTM con parere n. 2641/2018: si conferma l'utilizzo di tali aree senza alcuna modifica.

## 9. SICUREZZA

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento è finalizzato (rif. art. 100 comma 1 del D.Lgs. 81/08) a prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori.

Lo scavo meccanizzato con TBM, a confronto con lo scavo in tradizionale, consente una notevole riduzione dei rischi per i lavoratori:

- rischio investimento ridotto per l'assenza di macchine e uomini durante l'avanzamento dello scavo;
- rischio seppellimento e caduta oggetti ridotto in quanto i lavoratori operano in un ambiente protetto;
- riduzione del rischio per la salute dei lavoratori derivante dalla produzione di polvere, fumi e rumore durante l'avanzamento con macchine scavatrici tradizionali;
- migliore controllo e prevenzione del rischio esplosioni in presenza di gas (si vedano in proposito le considerazioni svolte sulla scelta della macchina di scavo);
- trasporto dello smarino in sicurezza con l'ausilio di nastri trasportatori (alimentati elettricamente) che convogliano direttamente il materiale di scavo al sito di stoccaggio primario;
- generale diminuzione dei rischi verso l'esterno, in particolare per le componenti ambientali, come discusso nel dettaglio nelle schede successive.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <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;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">MD0000 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">61 di 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	61 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	61 di 65								

## 10. EFFETTI MIGLIORATIVI SULLE COMPONENTI AMBIENTALI

L'estensione dell'uso della tecnologia di scavo meccanizzato (TBM) alle gallerie Grottaminarda e Melito offre vantaggi e effetti migliorativi non solo di natura tecnica ma anche ambientale.

### RISPARMI DI RISORSE NON RINNOVABILI

Trattandosi di un metodo di scavo industrializzato, si ha un'ottimizzazione del materiale da costruzione: minore impiego di calcestruzzo, quindi la necessità di inerti da cave, di cemento, di impianti per il confezionamento e dei trasporti necessari è inferiore.

### RIDUZIONE EMISSIONE IN ATMOSFERA DI CO2 E DI POLVERI SOTTILI

Lo scavo con fresa, che è alimentata dalle linee elettriche esistenti, produce quantità di CO2 nettamente inferiori rispetto allo scavo tradizionale.

### RIDUZIONE DELL'IMPATTO SUL TERRITORIO (COMPONENTI FISICHE E BIOTICHE)

Lo scavo meccanizzato richiede minori lavorazioni complementari rispetto al metodo tradizionale e tutte concentrate nei punti di imbocco, di conseguenza si riduce l'interferenza con il territorio rispetto a:

- Rete stradale utilizzata, ivi compresa l'eliminazione dell'interferenza dei percorsi dei mezzi di cantiere con il centro storico di Melito;
- Riduzione degli impatti per le componenti fisiche: rumore e emissioni in atmosfera (polveri);
- Riduzione delle interferenze con le componenti biotiche: vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi.

### MAGGIORE EFFICIENZA NEL CONTROLLO DELLE TERRE

Il terreno di scavo dalla galleria viene direttamente trasportato fino alle vasche di caratterizzazione tramite nastro trasportatore, di conseguenza l'organizzazione logistica consente di avere un controllo più efficace per la caratterizzazione della quasi totalità dei materiali scavati (70÷80% vengono da scavo con TBM) che si esegue nei due punti di produzione (vasche previste in prossimità degli imbocchi).

### COMPATIBILITÀ DELLE LAVORAZIONI E TERRE CON L'AMBIENTE

L'uso della TBM comporta l'immissione nel terreno di prodotti che agevolano le operazioni di scavo e di sostegno del fronte. Tali prodotti (agenti schiumogeni condizionanti) conferiscono al materiale da scavo il livello di consistenza necessario per il trasferimento uniforme della pressione al fronte e per l'agevole estrazione tramite la coclea e dal punto di vista ambientale, oltre ad esser previsti dalla norma, sono biodegradabili e non tossici per l'ambiente acquatico e terrestre.

Inoltre, l'assenza dei residui di VTR, boiaccia e spritz beton nel terreno di scavo è compensata dall'uso di schiumogeni per i quali è scientificamente provata l'assenza di ecotossicità del materiale da scavo condizionato.

### RIDUZIONE VOLUME DI SCAVO

Grazie alla maggiore efficienza statica della galleria circolare (TBM) e all'utilizzo di calcestruzzi di elevata resistenza che portano ad una riduzione degli spessori rispetto allo scavo in tradizionale

### MINOR IMPATTO ACQUE SOTTERRANEE

Lo scavo in TBM garantisce il controllo e il contenimento delle eventuali venute d'acqua in sottoterraneo poiché sia la macchina che il rivestimento definitivo sono impermeabili. Ne consegue una minore interferenza con la circolazione idrogeologica in fase costruttiva e di conseguenza un minore impatto con le falde e le risorse idriche del territorio: con il metodo tradizionale si prevedono drenaggi complessivi in fase di scavo di circa 22 l/s per galleria Grottaminarda e 70 l/s per galleria Melito, passando allo scavo

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 62 di 65

meccanizzato si possono eliminare tali drenaggi con conseguente riduzione dell'impatto con le acque sotterranee.

### **MINOR IMPATTO DI SUOLO**

L'uso della TBM permette la concentrazione in punti ben definiti delle lavorazioni. Ne consegue la possibilità di ridurre aree di cantiere previste in caso di scavo con metodo tradizionale. L'eliminazione e riduzione di queste aree compensa ampiamente la maggiore area necessaria al solo cantiere GN01 (imbocco della galleria Grottaminarda lato Bari) per realizzare le vasche per la caratterizzazione e comunque, nel complesso, viene garantita la riduzione di oltre il 10% delle aree di cantiere come previsto in fase di Offerta. La riduzione delle aree di cantiere e la concentrazione delle lavorazioni in un numero limitato dei punti comporta anche una minore percezione visiva delle aree stesse.

### **MANTENIMENTO DEL RISPETTO DEI VINCOLI PAESAGGISTICI GIÀ APPROVATI**

Il passaggio al metodo meccanizzato determina la sola necessità di prevedere un ampliamento in prossimità dell'area di cantiere GN01 per le vasche di caratterizzazione. L'area non interessa zone soggette a vincolo paesaggistico, in quanto si mantiene sempre all'esterno della fascia di vincolo fluviale vicino a GN01. Inoltre, la riduzione ed eliminazione di alcune aree di cantiere consente una riduzione delle occupazioni (previste in PD) in aree tutelate.

## **11. VALUTAZIONI SUL CRONOPROGRAMMA**

In generale, l'introduzione dello scavo meccanizzato permette di incrementare la produzione circa di un ordine di grandezza; questo vantaggio è ancora più evidente per scavi in ammassi difficili, quali il Flysch rosso, nei quali lo scavo in tradizionale deve ricorrere a consolidamenti massivi al fronte ed al contorno, sfondi e passo centine ridotti, posa in opera del puntone in arco rovescio e/o getto dell'arco rovescio a ridosso del fronte. Per tale ragione lo scavo delle gallerie di linea Grottaminarda e Melito con TBM, scavando da un solo fronte, risulta dalle prime valutazioni più veloce rispetto allo scavo in tradizionale condotto da più fronti. Pertanto il progetto esecutivo presenterà in programma lavori una riduzione dei tempi complessivi di esecuzione dell'opera; l'entità della riduzione è attualmente in fase di valutazione e verrà illustrata analiticamente in una fase successiva alla consegna del presente documento.

Inoltre, lo scavo meccanizzato con TBM in ammassi caotici o fortemente eterogenei lungo il tracciato che producono variazioni delle condizioni al fronte spesso imprevedibili, consente una adattabilità ed una regolarità di avanzamento di molto superiori a quelle proprie dello scavo in tradizionale. Ciò si traduce in una riduzione della possibilità di incorrere in imprevisti e, quindi, in una maggiore affidabilità della stima dei tempi di esecuzione.

## **12. VALUTAZIONI SUL QUADRO ECONOMICO**

La valorizzazione differenziale della soluzione proposta di realizzazione delle gallerie Melito e Grottaminarda con TBM rispetto allo scavo con metodi tradizionali di consolidamento, scavo e rivestimento porta ad una riduzione del valore delle opere. Pertanto, la modifica introdotta riduce il costo di costruzione per la Stazione Appaltante di un importo che verrà illustrato analiticamente in una fase successiva alla consegna del presente documento.

## **13. ASPETTI AUTORIZZATIVI**

### **13.1. AUTORIZZAZIONE GENERALE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE**

L'iter procedurale di approvazione dell'Opera è riportato al paragrafo 2.2 della Relazione di Sistema a cui si rimanda, nel caso specifico della variante in esame, sotto il profilo autorizzativo, si ritiene che la variazione della modalità di scavo delle gallerie Melito e Grottaminarda (da tradizionale a meccanizzato) sia una **sostanziale coerenza tra progetto definitivo e progetto esecutivo**.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO MD0000 002	REV. A	FOGLIO 63 di 65

Analoghe considerazioni sono state fatte infatti nel passaggio dal progetto preliminare al definitivo relativamente alla variazione della modalità di scavo della galleria Rocchetta che nel PP era previsto con metodo meccanizzato mentre nel PD è stato presentato con metodo meccanizzato e il Decreto VIA n. 88/2018 sul PD, a conclusione della verifica di ottemperanza, ha accertato la sostanziale coerenza del PP con il PD.

La Commissione VIA infatti, nel parere n. 2649 del 16 febbraio 2018 allegato al suddetto Decreto, prendendo atto anche della modificata modalità di scavo della galleria Rocchetta (da tradizionale a meccanizzato appunto), ha ritenuto che **“...sussista una sostanziale coerenza del progetto definitivo al progetto preliminare oggetto dell’Ordinanza Commissariale n. 27 del 01.12.2016** (ndr. Approvazione del PP) (rif. pag. 45/52 del parere) ed ha quindi espresso parere positivo con prescrizioni ai sensi degli artt. 166 e 167 del D.Lgs. 163/2006.

La conclusione del parere, sotto il profilo autorizzativo, dimostra come questa tipologia di variazione, una delle tante avvenute nel passaggio da progetto preliminare a definitivo, non ha comportato una nuova autorizzazione ovvero una nuova verifica dell’impatto ambientale.

Tali condizioni ricorrono peraltro anche nel caso in esame in quanto:

1. sotto il profilo urbanistico localizzativo ricade all’interno dello stesso corridoio assentito: nessuna variazione piano-altimetrica;
2. sotto il profilo ambientale è un’ottimizzazione: l’analisi comparativa ambientale tra progetto definitivo e esecutivo, analogamente a quanto fatto nel passaggio da progetto preliminare a definitivo) metterà in evidenza l’effetto migliorativo e la riduzione degli impatti.

IN SINTESI La modifica della modalità di scavo si ritiene **sostanzialmente coerente con le previsioni di progetto definitivo poiché non introduce modifiche di carattere tecnico e ambientale significativo ma ottimizzazioni/vantaggi** analogamente a quanto fatto per lo scavo della galleria Rocchetta.

### 13.2. AUTORIZZAZIONE PASAGGISTICA

Per quanto riguarda gli aspetti paesaggistici, l’estensione dello scavo meccanizzato alle due gallerie non comporta di per sé una rielaborazione degli studi paesaggistici né un aggiornamento delle approvazioni conseguite in fase di progetto definitivo.

La sua eventuale adozione infatti non determina variazioni sulla componente paesaggio in quanto sia per le opere in sotterraneo che all’aperto, gli eventuali impatti su questa componente restano invariati.

Le opere oggetto della presente variante non interessando dunque altre zone del territorio se non quelle già esaminate nella fase di progettazione definitiva, non risultano necessarie ulteriori approvazioni in tal senso o quantomeno, nella successiva fase di attuazione, saranno evidenti agli Enti gli effetti migliorativi che la variante genera sull’intero sistema della cantierizzazione, in particolare sulle aree di pregio in prossimità degli imbocchi intermedi che nel progetto definitivo risultano fortemente interessati dalla realizzazione delle gallerie con metodo tradizionale.

### 13.3. VERIFICHE ARCHEOLOGICHE

Il progetto esecutivo, in via generale, deve recepire le prescrizioni contenute nell’Ordinanza n. 35 che include i pareri emessi da MATTM, MIBACT, Regione, Comuni e Autorità di Bacino, .....

Con riferimento all’archeologia si richiamano le prescrizioni del MIBACT dalla n. 31 alla n. 36 che richiedono il completamento delle indagini archeologiche che riguardano la linea ferroviaria, la viabilità, l’elettrodotto e i piazzali di cantiere.

Con riferimento alla variante in esame, si evidenzia ai fini archeologici l’incremento dell’area di cantiere GN01 (imbocco galleria Grottaminarda lato Bari) che comunque:

- l’area non ricade su aree archeologiche note tuttavia;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RG</b>	DOCUMENTO <b>MD0000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>64 di 65</b>

- è già presente un piazzale asfaltato su parte dell'area e quindi chiaramente già compromesso da attività antropica attuale;
- le uniche attività di scavo che si faranno per l'allestimento del cantiere è lo scotico superficiale e quindi - è ormai prassi consolidata presso tutte le Soprintendenze italiane - l'esecuzione dello scavo assistito ovvero bonifica bellica con la presenza di un archeologo.

A ogni modo saranno forniti ad Italferr i layout della cantierizzazione.

### 13.4. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il Piano di Monitoraggio Ambientale è strumento tecnico-operativo per la programmazione delle attività di monitoraggio che dovranno accompagnare la realizzazione e l'esercizio dell'opera. Tale natura programmatica, unitamente alla variabilità delle condizioni che potranno determinarsi nel corso della realizzazione e dell'esercizio dell'opera al quale detto PMA è riferito, determinano la necessità di configurare il Piano come strumento flessibile.

Per quanto riguarda la variante in esame, le componenti ambientali restano confermate e non si prevedono significative variazioni sull'ubicazione dei punti, saranno comunque forniti ad Italferr tutti gli elementi per aggiornare eventualmente l'ubicazione dei punti in funzione della cantierizzazione e più in generale dell'organizzazione dei lavori, condizione che comunque ricorre per tutte le attività non solo per la variante in esame.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.</b>	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: left; width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">LOTTO</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">REV.</td> <td style="text-align: left; width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>MD0000 002</td> <td>A</td> <td>65 di 65</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	65 di 65
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RG	MD0000 002	A	65 di 65													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>ALLEGATO 1 - Studio riguardo all'applicabilità dello scavo meccanizzato nelle gallerie Grottaminarda e Melito</b>																		

## 14. SINTESI DEI VANTAGGI DELLA SOLUZIONE PROPOSTA

Riassumendo, la modifica consistente nell'estensione dello scavo meccanizzato con TBM di tipo EPB alle gallerie Melito e Grottaminarda consente di conseguire importanti benefici in termini di:

- interazione dello scavo con lo specifico contesto geologico-geotecnico;
- interazione dello scavo con lo specifico contesto idrogeologico;
- interazione dello scavo con il corpo di frana interferente con il tracciato della galleria Grottaminarda;
- aspetti relativi alla sicurezza in fase di costruzione;
- aspetti relativi all'ambiente;
- aspetti relativi alla cantierizzazione;
- aspetti tecnici, operativi ed organizzativi;
- programma lavori;
- quadro economico.