

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:
CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

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

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

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	RG	GN0100	001	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	A.Zimbaldi	21/02/2020	B.Spigarelli	21/02/2020	M.Gatti	21/02/2020	G. Cassani
B	Emissione per consegna	A.Zimbaldi	10/06/2020	B.Spigarelli	10/06/2020	M.Gatti	10/06/2020	
								10/06/2020

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico - illustrativa	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 2 di 64

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO GENERALE	5
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	5
2.1.1	STRATIGRAFIA	6
2.1.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DELL'AREA DI TRACCIATO.....	9
2.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	18
2.2.1	CENNI GENERALI.....	18
2.2.2	PRINCIPALI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI CARTOGRAFATI NELL'AREA DI STUDIO.....	20
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO GALLERIA GROTTAMINARDA	24
2.3.1	IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO BARI, PK 2+705.....	24
2.3.2	GALLERIA GROTTAMINARDA, DA PK 2+705 A 4+697	25
2.3.3	IMBOCCO GALLERIA GROTTAMINARDA LATO NAPOLI, PK 4+697.....	40
2.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE	42
2.5	PRINCIPALI ELEMENTI DI NOVITÀ RISPETTO AL PROGETTO DEFINITIVO	44
2.5.1	GEOLOGIA.....	44
2.5.2	GEOMORFOLOGIA	45
3	GEOTECNICA – GEOMECCANICA.....	46
3.1	APPROCCIO METODOLOGICO DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-GEOMECCANICA DEL FLYSCH ROSSO	46
3.2	ASPETTI GENERALI DEL COMPORTAMENTO MECCANICO DEL FLYSCH ROSSO	48
3.3	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEL FLYSCH ROSSO	51
4	SEZIONE DI INTRADOSSO	54
4.1	CONFIGURAZIONE FUNZIONALE GENERALE.....	55
4.2	RACCOLTA E COLLETTAMENTO ACQUE DI INFILTRAZIONE AMMASSO.....	55
4.3	RACCOLTA E COLLETTAMENTO ACQUE DI MARCIAPIEDE E PIATTAFORMA FERROVIARIA	56
5	SCAVO MECCANIZZATO – COMPATIBILITÀ ED IDONEITÀ RISPETTO AL CONTESTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO	58
5.1	INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	58
5.2	INTERAZIONE DELLO SCAVO CON IL CONTESTO IDROGEOLOGICO.....	58
6	SPECIFICHE TECNICHE TBM.....	60
6.1	CENNI GENERALI	60
6.2	TESTA DI SCAVO: CONFIGURAZIONE UTENSILI	60
6.3	CONICITÀ SCUDO.....	61

APPALTATORE: Consorzio Soci   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti   	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>MD0000 001</td> <td>A</td> <td>3 di 64</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF1N	01 E ZZ	RG	MD0000 001	A	3 di 64													

6.4	MODALITÀ DI AVANZAMENTO, PRESSIONI IN CAMERA DI SCAVO	61
6.5	CONDIZIONAMENTO DEI TERRENI	61
6.6	DOTAZIONI SPECIALI	62
6.7	GESTIONE DELLO SCAVO IN PRESENZA DI GAS	62
7	RIVESTIMENTO IN CONCI PREFABBRICATI	64
8	RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO	64

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnico - illustrativa	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 4 di 64

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnico illustrativa inquadra gli elementi tecnico – progettuali salienti della galleria Grottaminarda compresa nell'intervento di raddoppio della tratta Apice – Hirpinia, inserito nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari. In particolare il documento ha lo scopo di dettagliare ed approfondire le valutazioni qualitative e quantitative alla base della formulazione della soluzione tecnica migliorativa di progetto esecutivo consistente nello scavo delle gallerie Grottaminarda con TBM di tipo EPB, anziché con metodi tradizionali di consolidamento, scavo e rivestimento, come previsto nel progetto definitivo a base di gara.

E' riassunto preliminarmente il quadro conoscitivo con particolare riferimento agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e geomeccanici.

La galleria Grottaminarda, a doppio binario, presenta uno sviluppo di 1990 m. Lo scavo della tratta in naturale si estende per circa 1965 m. Le coperture variano tra 5 m e 70 m.

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 soluzione tecnica 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;

Sono quindi descritti gli elementi tecnici essenziali caratterizzanti l'opera in oggetto, con particolare riguardo agli aspetti tecnico progettuali integrativi rispetto al layout proprio del Progetto Definitivo. Si farà dunque riferimento:

- alla sezione funzionale corrente della galleria di linea;
- alla tipologia ed alla modalità di realizzazione del riempimento a tergo del rivestimento in conci prefabbricati;
- alla concezione complessiva del sistema di drenaggio dell'ammasso operato dalla galleria e del sistema di raccolta e collettamento delle acque filtranti in galleria;
- agli aspetti tecnologici propri dello scavo effettuato con sistema meccanizzato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 5 di 64

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO GENERALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel seguito si riporta un inquadramento delle caratteristiche geologiche e stratigrafiche principali per il cui dettaglio ed approfondimento si rimanda alla relazione geologica di progetto (elaborato IF28.0.1.E.ZZ.RG.GE.01.0.1.001A).

Il tracciato del I lotto funzionale Apice-Hirpinia ricade in un settore appartenente al sistema orogenico dell'Appennino meridionale. L'evoluzione tettonica tardo-miocenica e pliocenica di questo tratto di orogene si colloca in un contesto di tettonica post-collisionale, legato alla complessa interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (Alvarez et alii, 1974; Roure et alii, 1991; Guerrera et alii, 1993). L'attuale assetto strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato di eventi, compressivi, distensivi e trascorrenti, connessi alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica, cui si accompagna, sul bordo interno della catena, a partire dal Tortoniano, l'estensione connessa all'apertura del bacino di retroarco tirrenico (Sartori, 1989; Patacca et alii, 1990). La propagazione spazio-temporale dell'onda di compressione-estensione, iniziata a partire dai domini interni nel Miocene inferiore-medio, è proseguita fino al raggiungimento dell'attuale configurazione, che mostra la catena appenninica e l'avanfossa limitate dall'area tirrenica in distensione ad occidente e dall'avampaese apuloadriatico poco deformato ad oriente. Gli eventi compressivi sembrano essersi esauriti nel corso del Pleistocene (Cinque et alii, 1993). Uno dei principali argomenti ancora dibattuti nella letteratura scientifica sull'evoluzione geologica dell'Appennino meridionale è un'accurata cronologia della migrazione del sistema catena-avanfossa (Patacca & Scandone, 1989, 2004, 2007; Sgrosso, 1998; Bonardi et alii, 1988a; Amore et alii, 2005).

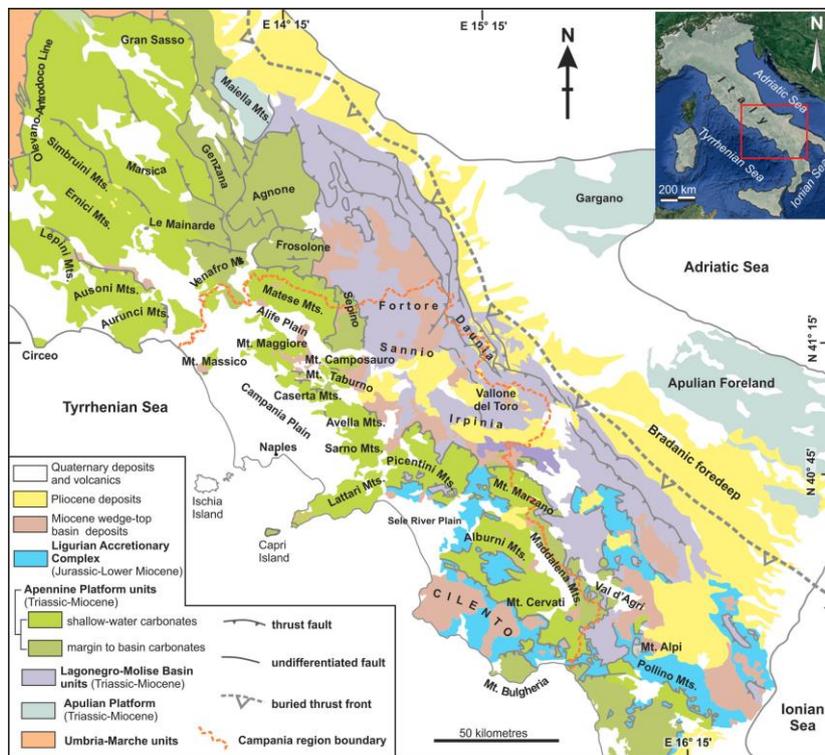


Figura 1. Carta geologica schematica con rappresentazione delle principali unità paleogeografiche.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	<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;">GN0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">6 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	6 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	6 di 64								

Dal punto di vista paleogeografico il modello pre-orogenico preso di riferimento è quello proposto in Di Nocera et alii (2006), già analogo a quello di Pescatore et alii (1996; 1999). Tale modello nel settore campano-lucano della catena appenninica prevede i seguenti domini paleogeografici (Figura 2):

- Bacino Liguride;
- Piattaforma carbonatica sud-appenninica;
- Bacino Lagonegrese-Molisano;
- Piattaforma Apula.

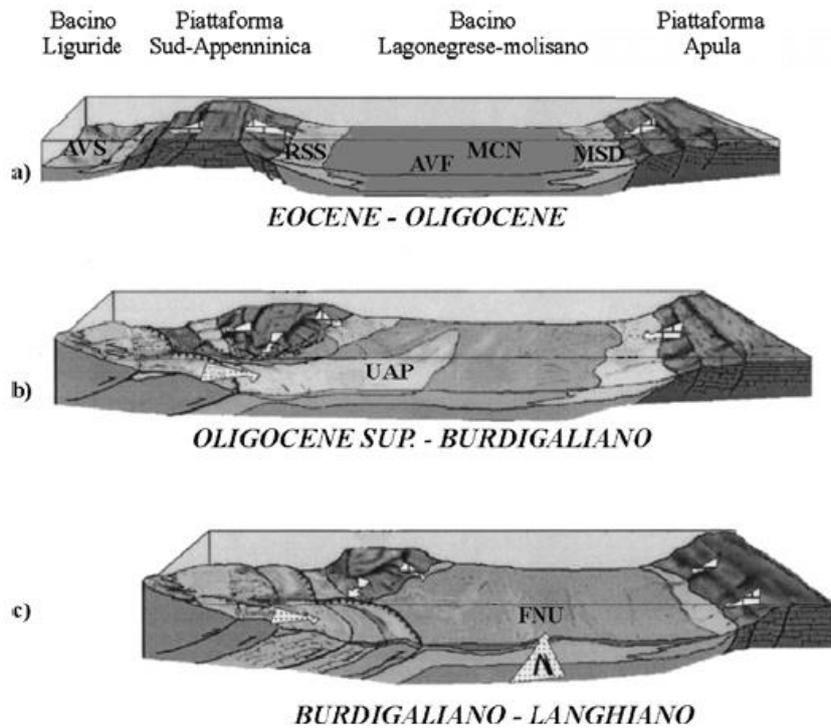


Figura 2. Schema paleogeografico del margine continentale apulo-adriatico nel settore campano-lucano tra l'Eocene ed il Langhiano (da Di Nocera et alii, 2006)

Le unità tettoniche presenti nell'areale in studio sono ascrivibili al Bacino Lagonegrese Molisano: più in particolare l'Unità di Frigento viene riferita al settore più interno del Bacino, l'Unità del Fortore al settore assiale, l'Unità tettonica della Daunia e l'Unità di Vallone del Toro sono invece riferibili ai settori più esterni del Bacino Lagonegrese-Molisano, assenti nell'area di studio.

2.1.1 Stratigrafia

Per la definizione dell'assetto stratigrafico dell'area si è fatto riferimento alla legenda della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 del progetto CARG, Fogli n.432 "Benevento" e n.433 "Ariano Irpino" con le relative note illustrative.

Nell'area di studio affiorano diverse formazioni che possono essere raggruppate in unità stratigrafico-strutturali differenziate tra loro per la collocazione paleogeografica e l'evoluzione geodinamica; si tratta di grandi corpi geologici, unitari e/o in frammenti non necessariamente continui, con caratteri litologici specifici e comportamento meccanico generalmente omogeneo alla grande scala.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 7 di 64

Le unità stratigrafico-strutturali riconosciute nel settore sono:

- Unità Tettonica di Frigento;
- Unità sin-orogeniche del Miocene Medio Superiore;
- Gruppo di Altavilla;
- Supersistema di Ariano;
- Sintema del Calore e depositi continentali quaternari.

Nello schema seguente – tratto dal Foglio n.433 “Ariano Irpino” – sono riportati i rapporti cronostatigrafici tra unità suddette.

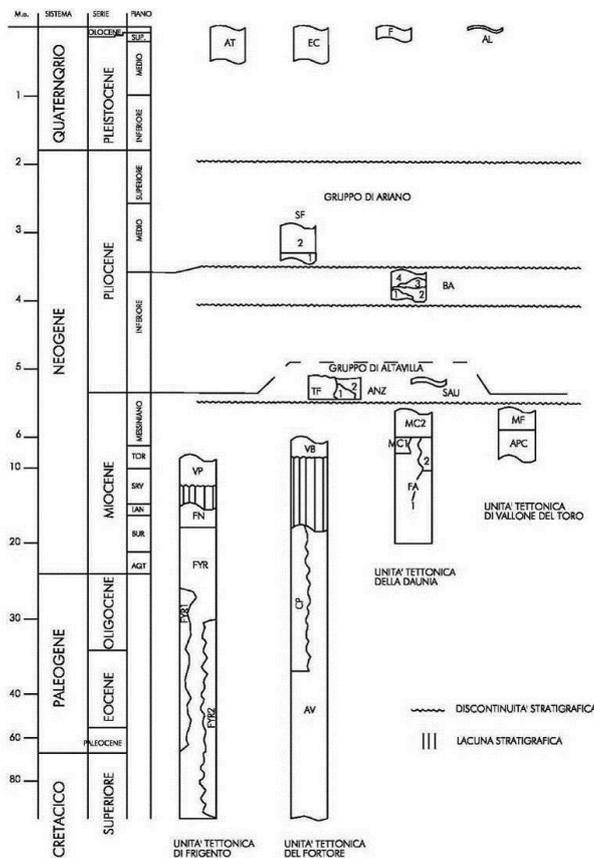


Figura 3. Schema dei rapporti cronostatigrafici delle unità presenti nell'area in esame tratto dal Foglio n.433 “Ariano Irpino”

UNITÀ TETTONICA DI FRIGENTO

Nell'area in esame l'unità tettonica di Frigento è rappresentata dal Fysch Rosso (Cretacico superiore – Burdigaliano inferiore)

L'unità di Frigento (DI NOCERA et alii, 2002) è formata da una successione bacinale prossimale, che comprende alla base argilliti con Daonella, marne, diaspri, arenarie e siltiti con corpi discontinui di calcari massivi ad alghe (Formazione di Monte Facito del Trias-inferiore-medio), passanti a calcari, calcari dolomitici e dolomie con liste e noduli di selce a Halobia con rare intercalazioni di calcareniti gradate del Trias superiore-Lias (?) (Calcari con selce) ed a radiolariti, diaspri, marne e argilliti silicifere policrome con rari livelli calcarei (Scisti silicei) del Giurassico. Verso l'alto si passa ad argilliti e marne localmente silicizzate di colore grigio e nero con intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e rare calcareniti gradate del Cretacico inferiore (Fysch Galestrino). Segue una successione di risedimenti calcarei bioclastici (calciruditi, calcareniti e calcilutiti) con intercalazioni di argille e marne

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componente marnoso – pelitica, denominate rispet	<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;">GN0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">8 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	8 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	8 di 64								

grigie, rosse e verdi (Flysch Rosso) del Cretacico superiore-Burdigaliano. Infine si rinvengono quarzoditi, quarzareniti e quarzosiltiti di colore grigio o giallo arancio, a cemento siliceo con clasti di quarzo arrotondato e smerigliato, a luoghi con subordinate intercalazioni marnoso-argillose e calcareo-marnose del Langhiano (Flysch Numidico), passanti verso l'alto in Lucania, a sud-est del Vulture, alla Formazione di Serra Palazzo del Serravalliano-Tortoniano inferiore. Nell'area della carta l'unità localmente passa verso l'alto per alternanze ad areniti arcose del Serravalliano, indicate genericamente come «sequenze post-numidiche» (PATACCA et alii, 1992a). Recentemente le arenarie numidiche, e di conseguenza le formazioni che le contengono (Flysch Numidico e Formazione del Bifurto), sono state attribuite al Burdigaliano superiore (PATACCA & SCANDONE, 2004, 2007), ma nella presente nota si è preferito mantenere l'età langhiana perché gli autori citati non riportano dati biostratigrafici a sostegno di questa nuova datazione.

Nel suo insieme la formazione del Flysch Rosso è composta da successioni calcareo clastiche e pelitiche di rampa-bacino, cretacico-mioceniche, poggianti in continuità di sedimentazione sui termini mesozoici della successione calcareo-marnosa del Bacino Lagonegrese-Molisano.

Sebbene tale formazione, introdotta in letteratura da Scandone nel 1967, sia stata oggetto di un certo numero di studi sia a carattere lito-biostratigrafico sia geochimico-mineralogico, e nonostante essa sia rappresentata in numerosi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Fogli: 407, 433, 450, 451, 452, 467, 468, 470, 471, 490, 504), ad oggi non è ancora stato definito uno schema dei rapporti stratigrafici univoco, che sia rappresentativo dell'intero bacino di deposizione. Questo è dovuto probabilmente a causa dell'elevata articolazione del bacino deposizionale stesso ed alla scarsità di dati di sottosuolo.

UNITÀ SIN-OROGENICHE DEL MIOCENE MEDIO – SUPERIORE

Sono i depositi sinorogeni che poggiano sulle unità tettoniche descritte in precedenza

Nell'area in esame queste unità sono rappresentate dalla Formazione del Vallone di Ponticello (**PCL in carta**) (Serravalliano Medio – Tortoniano Medio-Sup.), costituita da sedimenti clastici terrigeni e calcarei generati da flussi granulari e correnti di torbida.

GRUPPO DI ALTAVILLA

Il gruppo di Altavilla è correlabile all'Unità di Altavilla (D'Argenio et alii, 1973) che in letteratura comprende i depositi clastici ed evaporitici messi in posto, nel settore campano dell'orogene, tra la fase tettonica infra-messiniana e quella infra-pleiocenica (D'Argenio et alii, 1975). Poiché nel settore irpino dauno le evaporiti messiniane poggiano con continuità sull'Unità della Daunia e non si rinvengono depositi riferibili alla parte bassa del Pliocene inferiore, l'unità in questione risulta rappresentata solo dalle Molasse di Anzano (Costella & Mezzani, 1964; Matano, 2002).

Nel settore di studio affiorano le Molasse di Anzano (Messiniano Superiore), costituite da sedimenti arenaceo-conglomeratici e arenaceo pelitici, in prevalenza di natura torbida e suddivisi in un membro inferiore arenaceo-conglomeratico (ANZ1) e un membro superiore arenaceo pelitico, eteropici (ANZ2).

SUPERSINTEMA DI ARIANO IRPINO

Sono depositi pliocenici di bacino intra-appenninico che tradizionalmente sono riferiti in letteratura all'Unità di Ariano (Ippolito et alii, 1973; Pescatore & Ortolani, 1973; Cocco et alii, 1974; Ippolito et alii, 1974; D'Argenio et alii, 1975). Recenti studi lito e bio-stratigrafici dei terreni pliocenici affioranti nell'Irpinia e nella Daunia meridionale (Amore et alii, 1998; Ciarcia et alii, 2003; Matano & Staiti, 1998) hanno portato alla distinzione di due cicli sedimentari, uno del Pliocene inferiore, l'altro del Pliocene medio. Le successioni sono pressoché esclusivamente costituite da termini clastici sedimentati in ambienti compresi fra il marino prossimale, costiero-lagunare e alluvionale in bacini tipo wedge-top, e risultano limitate da superfici di unconformity a carattere erosionale, legate a fasi tettoniche che hanno prodotto una discordanza angolare.

Il sintema della Baronina è rappresentato da una successione che si compone di termini essenzialmente clastici, depositi durante un ciclo sedimentario completo. Affiora estesamente nel settore di studio e può essere suddiviso, sulla base dei caratteri litostratigrafici, in cinque membri (Ciarcia et al, 2003):

Si tratta di:

- depositi torbiditici arenaceo pelitici, probabilmente riconducibili a lobi di piattaforma;
- depositi a dominante conglomeratico sabbiosa, di ambiente da alluvionale a costiero;

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	<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;">GN0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">9 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	9 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	9 di 64								

- depositi essenzialmente pelitici di piattaforma neritica, con localizzati olistostromi;
- depositi quasi esclusivamente sabbiosi di spiaggia;
- depositi generalmente conglomeratici alluvionali.

Nell'area di studio sono stati riconosciuti tre membri, riferibili, secondo quanto riportato nel Foglio 433 Ariano Irpino e negli elaborati geologici di PD, al Membro dei conglomerati e delle sabbie di San Sossio Baronia (BNA1), alla litofacies pelitica BNA2 ed al Membro di Apollosa (BNA3).

2.1.2 Assetto litostratigrafico dell'area di tracciato

BASAMENTO PRE – QUATERNARIO

Unità di Frigento

Formazione del Flysch Rosso (FYR)

Nel suo insieme la formazione del Flysch Rosso è composta da successioni calcareo clastiche e pelitiche di rampa-bacino, cretacico-mioceniche, poggianti in continuità di sedimentazione sui termini mesozoici della successione calcareo-marnosa del Bacino Lagonegrese-Molisano.

Sebbene tale formazione, introdotta in letteratura da Scandone nel 1967, sia stata oggetto di un certo numero di studi sia a carattere lito-biostratigrafico sia geochimico-mineralogico, e nonostante essa sia rappresentata in numerosi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Fogli: 407, 433, 450, 451, 452, 467, 468, 470, 471, 490, 504), ad oggi non è ancora stato definito uno schema dei rapporti stratigrafici univoco, che sia rappresentativo dell'intero bacino di deposizione. Questo è dovuto probabilmente alla complessità del bacino deposizionale stesso ed alla scarsità di dati di sottosuolo.

Nel settore d'interesse i dati cartografici più recenti ai quali si è fatto riferimento nel corso dello studio sono quelli relativi alla Cartografia Geologica Nazionale (CARG), Foglio 433 Ariano Irpino, nel quale la Formazione del Flysch Rosso, in parziale continuità con i fogli geologici adiacenti, e sulla base di sezioni tipo parziali, localizzate esclusivamente nel settore di SW del foglio (e a sud dell'area d'interesse) individua tre membri ed una litofacies caratteristici della formazione.

Lungo il tracciato della linea in progetto, in corrispondenza dell'areale di affioramento del Flysch Rosso, come si può osservare dagli elaborati grafici che accompagnano il presente studio (cfr. Carta Geologica; elaborato IF2801EZZRGGE0101001A), la percentuale di affioramento è estremamente scarsa, inferiore al 10%, e le uniche litofacies osservabili sono quelle a dominante calcarea. La maggior parte delle informazioni è stata desunta dai dati degli oltre 30 sondaggi eseguiti nelle varie fasi progettuali.

Pur tenendo conto dell'estrema complessità tettonico-strutturale del settore, dal basso verso l'alto si trovano geometricamente sovrapposti: un'unità a dominante calcarea, un'unità rappresentata in prevalenza da depositi caotici e una terza unità a dominante argilloso-marnosa. Lo schema di Figura 4 è utile per comprendere il tipo di contesto in cui è avvenuta la deposizione del Flysch Rosso e delle diverse unità stratigrafiche che lo costituiscono.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componente marnoso – pelitica, denominate rispet	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>10 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	10 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	10 di 64								

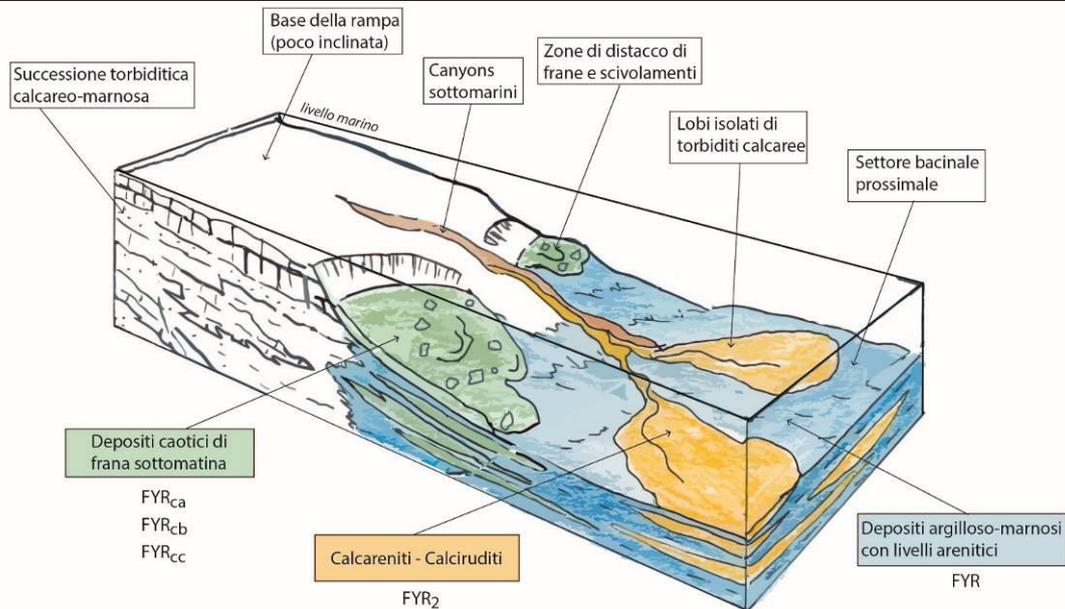


Figura 4. Schema esemplificativo degli ambienti deposizionali all'origine delle diverse litologie riconosciute all'interno del Flysch Rosso.

L'unità a dominante calcarea, riferibile al Membro calcareo (FYR2), è caratterizzata in prevalenza da calciruditi e calcareniti a cemento spatico in strati di spessore metrico, con locali intercalazioni decimetrico-metriche di argille e argille marnose di colore rosso o verde. I livelli calcarei presentano base erosiva netta e talora sono gradati in modo molto grossolano; si tratta di grainstones-rudstones (Figura 5) i cui bioclasti sono costituiti in prevalenza da: frammenti di gusci di bivalvi, gasteropodi, macroforaminiferi, foraminiferi planctonici e bentonici, alghe rosse corallinacee. Gli unici fossili determinabili macroscopicamente (*Nummulites* sp., *Operculina* tipo *complanata*, *Globorotalia* sp., *Globigerina* sp.) sono indicativi di un'età eocenico-oligocenica.

Localmente (es. Cave Loc. Orticello) il Membro calcareo è rappresentato da una breccia calcarea, prevalentemente monogenica, ad elementi centimetrici e pluri-centimetrici di calcari micritici di colore bianco. La stratificazione, quando osservabile è da metrica a pluri-metrica; sono presenti inoltre filoni sedimentari costituiti in prevalenza da depositi argillosi verdastri e brecciole calcaree centimetrico-millimetriche.

Dalle osservazioni di superficie si può desumere che il Membro calcareo passi lateralmente alle altre unità della formazione del Flysch Rosso attraverso dei contatti stratigrafici piuttosto netti e repentini, probabilmente a condizionamento tettonico sinsedimentario.

Nel complesso, quest'unità, sulla base delle caratteristiche della litofacies e del suo andamento in superficie, è riferibile ad un ambiente deposizionale di canyon sottomarino intermedio-distale (breccie calcaree), in cui si sviluppavano dei corpi canalizzati che alimentavano dei lobi di torbiditi (calcareniti e calciruditi con intercalazioni argilloso-marnose). I corpi canalizzati presentavano verosimilmente geometrie piano-concave molto pronunciate con un'estensione longitudinale nell'ordine delle centinaia di metri, e larghezza nell'ordine delle decine di metri, mentre i lobi di torbidite erano presumibilmente costituiti da corpi sedimentari a geometria lenticolare ed estensione da decametrica a pluri-decametrica.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>11 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	11 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	11 di 64								

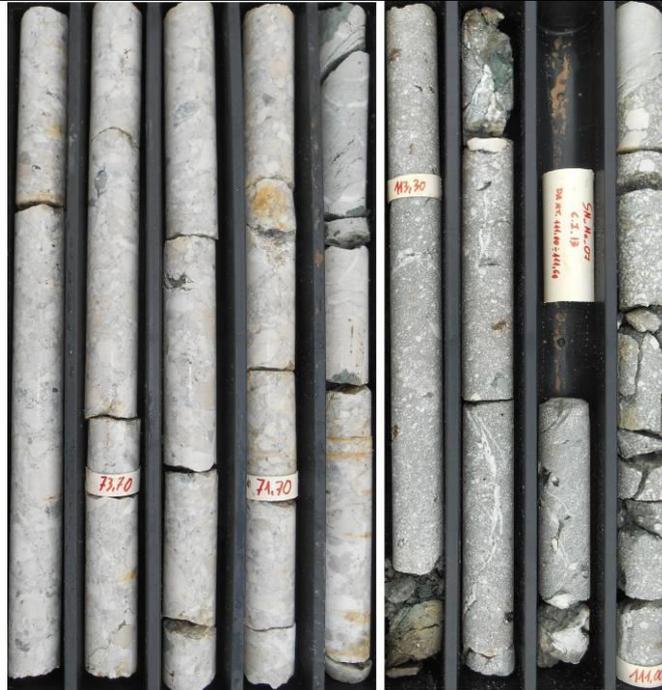


Figura 5. Spezzoni di carote di sondaggio con breccie calcaree poligeniche (sinistra) e calciruditi (destra) riferibili alla formazione FYR2 e campionate dal sondaggio SN-ME-07.

L'unità rappresentata in prevalenza da depositi caotici nel Progetto Definitivo era in parte ricompresa nei depositi contrassegnati con la sigla **FYR_a**, (cfr. anche Foglio 433 Ariano Irpino). Essa è formata da ,depositi perlopiù a supporto di matrice, costituiti da elementi angolosi da centimetrici a pluri-decimetrici ed in alcuni casi metrici/plurimetrici di: i) calcari micritici scuri (*mudstone - wackestone*), debolmente silicizzati, di colore rosso-verdastro, a radiolari e spicole di spugna; ii) calcari micritici bianchi (*mudstone*), con rari foraminiferi planctonici; iii) calcareniti (*grainstone-rudstone*) ben selezionate, a cemento spatico, contenenti foraminiferi bentonici e frammenti di gusci di bivalvi, iv) calcareniti (*wackestone-packstone*) a grana fine con piccoli foraminiferi n.d.; v) marne calcaree grigiastre a foraminiferi planctonici e localmente vi) argille verdastre (*clay chips/flat pebbles*). La matrice è costituita da argille e argille marnose per lo più di colore scuro, nerastre; soltanto nella parte geometricamente superiore dell'unità le argille marnose contengono una frazione siltosa/arenitica fine talora predominante.

Le strutture sedimentarie osservabili sono molto scarse e solo in alcuni casi si osserva una grossolana gradazione inversa degli elementi ruditici e un andamento fortemente convoluto della stratificazione quando presente.

Al fine di definire delle condizioni predisponenti per lo studio geotecnico, sono state tentativamente individuate 3 litofacies sulla base della percentuale di abbondanza e delle dimensioni degli elementi ruditici osservati nelle carote di sondaggio:

- **Litofacies argilloso-marnosa FYRca**, costituita da argille, argille marnose e argille siltoso-arenitiche in cui la matrice rappresenta il 90% del deposito e gli elementi ruditici di dimensioni cm-mm il 10% circa.
- **Litofacies argilloso-marnosa ad elementi ruditici FYRcb**, costituita da argille, argille marnose e argille siltoso-arenitiche in cui la matrice rappresenta il 60-80% del deposito e gli elementi ruditici di dimensioni centimetriche e pluri-centimetriche il 20-40% circa.
- **Litofacies ruditica a matrice argilloso marnosa FYRcc**, costituita fino al 60% da elementi ruditici di dimensioni da pluri-centimetriche fino a metriche e da argille, argille marnose e argille siltoso-arenitiche per il restante 40% circa.

È importante sottolineare che questa differenziazione in litofacies non corrisponde alla distinzione in altrettante distinte tipologie di corpi sedimentari; le tre litofacies possono trovarsi associate tra loro in un medesimo corpo sedimentario senza che nella maggior parte dei casi siano presenti superfici stratigrafiche a suddividerle.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componente marnoso – pelitica, denominate rispet	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 12 di 64

In fase di raccolta ed analisi dei dati, relativamente a questi depositi, poiché non sono disponibili dati di superficie, sono state fatte delle valutazioni anche circa la natura delle facies dei clasti carbonatici, in particolare sono stati analizzati i vari ambienti deposizionali di cui i clasti stessi sono indicativi e i rapporti geometrici con la matrice argilloso-marnosa circostante. Da questi approfondimenti è emerso che:

- molti degli elementi ruditici (clasti) calcarei presentano evidenze di cementazione precoce (*fitted fabric*), caratteristiche di ambienti di rampa carbonatica interna-media;
- si trovano accostati elementi ruditici cementati rappresentativi di ambienti deposizionali molto differenti sia per energia sia per condizioni batimetriche (ambienti di piattaforma, neritici, di scarpata);
- i limiti tra gli elementi ruditici e la matrice circostante, nella maggior parte dei casi, sono netti e gli elementi sono angolosi, e non si individuano superfici stratigrafiche primarie.
- tra gli elementi ruditici si rinvencono anche elementi marnosi ed argillosi (*flat pebble*).

In conclusione, queste evidenze, unitamente all'assetto estremamente convoluto della stratificazione, quando osservabile, hanno permesso di riferire questo tipo di depositi a delle facies caotiche messe in posto da processi gravitativi ascrivibili a frane sottomarine "mass flow" verificatesi in un ambiente di base di scarpata-bacino prossimale. Data l'estrema attività tettonica compressiva che ha caratterizzato l'area tra il Cretacico superiore e il Miocene è probabile che molti di questi eventi deposizionali siano stati innescati da eventi sismici legati a loro volta alla propagazione dei fronti appenninici con vergenza adriatica, oppure alle fasi orogenetiche pre-appenniniche e tardo-alpine.

Secondo i dati di letteratura, il bacino deposizionale del Flysch Rosso presentava verosimilmente un'orientazione NW-SE, parallela ai fronti alpino-appenninici. Il tracciato della linea in progetto ha un'orientazione sub-parallela alla direzione del suddetto bacino e quindi anche a quella della paleo-scarpata lungo la quale si verificava la maggior parte dei fenomeni gravitativi sottomarini; le gallerie Grottaminarda e Melito si sviluppano in corrispondenza dello stesso intervallo stratigrafico ed è quindi verosimile ipotizzare una concentrazione particolarmente elevata di intervalli deposizionali riferibili a frane sottomarine lungo il loro tracciato.

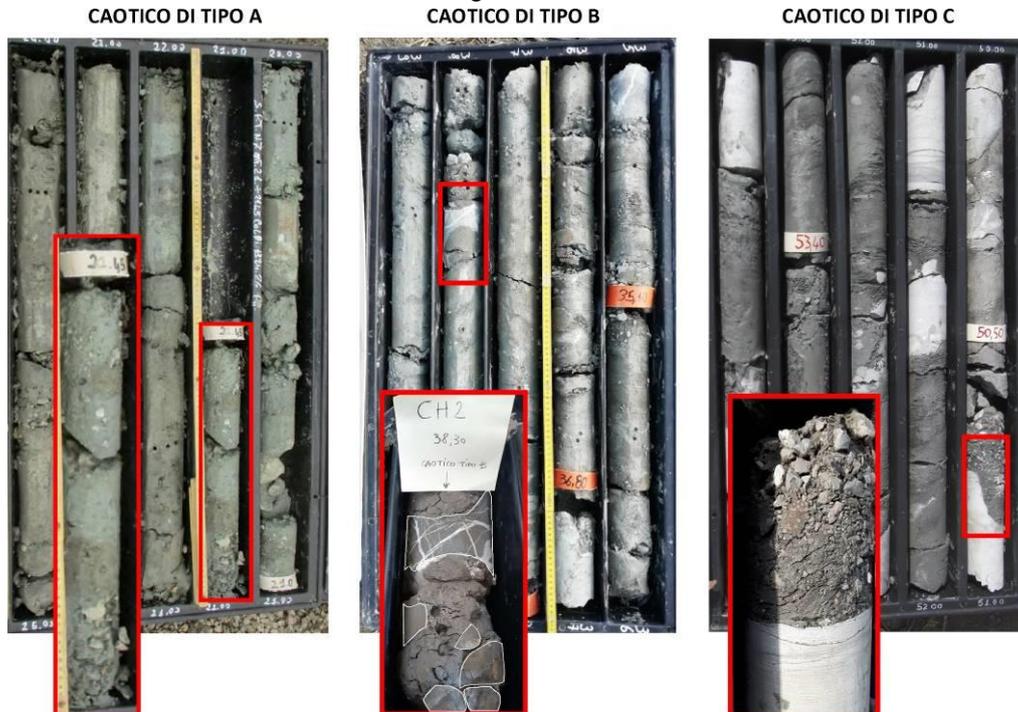


Figura 6. Spezzoni di carote di sondaggio con depositi caratterizzati da diverso rapporto tra componente pelitica e componente lapidea e riferiti alle litofacies FYRca, FYR,cb e FYR cc.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 13 di 64

L'unità a dominante argilloso-marnosa (FYR), occupa mediamente la parte intermedia e sommitale della formazione; è costituita da argille e argille marnose di colore variabile da rosso-verdastro a grigio scuro, in alternanze centimetrico-millimetriche.

Macroscopicamente non sembra contenere resti di fossili e le sole strutture sedimentarie osservabili sono una blanda laminazione piano parallela e talora una struttura flaser nodulare. Nella parte sommitale dell'unità si osserva la comparsa di materiale silicoclastico siltoso e arenitico; soltanto localmente si possono osservare livelli decimetrico-metrici di litareniti ricche in quarzo.

Soltanto in corrispondenza di un affioramento, situato circa 400 m a SE dell'imbocco della Galleria Grottaminarda (GA02) è stato rinvenuto un livello di depositi vulcanoclastici che, come indicato in letteratura (Foglio 490 Stigliano della Carta Geologica d'Italia), rappresenta probabilmente la parte sommitale della formazione.

Nel complesso quest'unità, che presenta passaggi laterali eteropici o erosivi/netti con gli altri termini della formazione, è riferibile ad un ambiente di base di scarpata-bacino prossimale e rappresenta le parti più distali di flussi torbiditici.



Figura 7. Spezzoni di carote di sondaggio (SN-GR-04 e SN-GR-05) prevalentemente costituiti da argille e argille marnose (FYR).

Unità sinorogeniche del Miocene medio

Formazione del Vallone di Ponticello

La formazione è costituita da alternanze di litoareniti a grana medio fine, marne e marne calcaree biancastre e grigio verdi, peliti giallo bruno laminate in strati medio sottili, paraconglomerati poligenici a ciottoli subarrotondati.

I meccanismi deposizionali sono riferibili a flussi granulari e correnti di torbida.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispet	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 14 di 64



Figura 8. Spezzoni di carote di sondaggio (SN-ME-05) prevalentemente costituiti da arenarie e marne della formazione del Vallone di Ponticello (PCL).

La formazione è stata osservata in alcune carote di sondaggio (S12 e SN-ME-05) in corrispondenza della galleria Melito, dove si trova in contatto tettonico con la litofacies ruditica del deposito caotico del Flysch Rosso (FYRcc); per la descrizione di dettaglio di tale assetto si faccia riferimento al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Gruppo di Altavilla

Molasse di Anzano – Membro di Flumeri

Nell'area di progetto cartografata affiora solo il membro di Flumeri, denominato (ANZ2a in carta e profilo). Sono state distinte due litofacies (cfr. paragrafo): una a componente arenaceo – sabbiosa ed una a componete marnoso – pelitica, denominate rispettivamente ANZ2ar e ANZ2ma nella cartografia.

Si tratta di arenarie silicoclastiche giallastre da poco a mediamente cementate e sabbie siltose ocra poco cementate organizzate in strati di potenza fino a pluricentrica, alternate a siltiti e marne grigie in strati di potenza da centimetrica a decimetrica.

Si rinvengono inoltre alternanze regolari pluridecimetriche di arenarie medio fini grigie e marne più o meno calcaree grigie (ANZ2ar).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 15 di 64



Figura 9. Subaffioramento della litofacies sabbioso – arenacea (ANZ2ar) nei pressi del versante a monte dell'imbocco lato Bari della Galleria Grottaminarda: in alto strati pluridecimetri di arenarie giallastre; in basso gli strati più marnosi grigiastri.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 16 di 64



Figura 10. Aspetto in sondaggio delle alternanze sabbioso arenacee giallastre e pelitiche grigiastre della litofacies ANZ2ar; sondaggio SN-GR-01 della campagna indagini di PE, ubicato sul versante a monte dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda.



Figura 11. Dettaglio di un livello arenaceo appartenente alla litofacies sabbioso arenacea (ANZ2ar) campionato dal sondaggio SN-GR-06.

La litofacies marnoso – argillosa è costituita da argille marnose e siltoso sabbiose grigie con interstrati sabbiosi ocrei millimetrici.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. FOGGIO B 17 di 64

Alla base della successione si rinvencono argille siltose e marnose da grigio chiaro a grigio scuro e subordinate marne grigie più o meno litoidi, con stratificazione in genere mal definita. Sono presenti inoltre sporadici livelli decimetrici a matrice sabbiosa.

La percentuale di affioramento è molto scarsa poiché i litotipi costituenti il membro tendono a sviluppare una coltre di alterazione superficiale estesa.

La formazione è stata osservata nelle carote di sondaggio realizzate in corrispondenza della Conca di Grottaminarda (sondaggi HI_2, HI_1, HI_3, VI01_1, VI01_2, VI01_3), nella tratta all'aperto Isca – Girasole ed in parte del versante che sarà interessato dalla galleria Grottaminarda (sondaggio SN-GR-02).

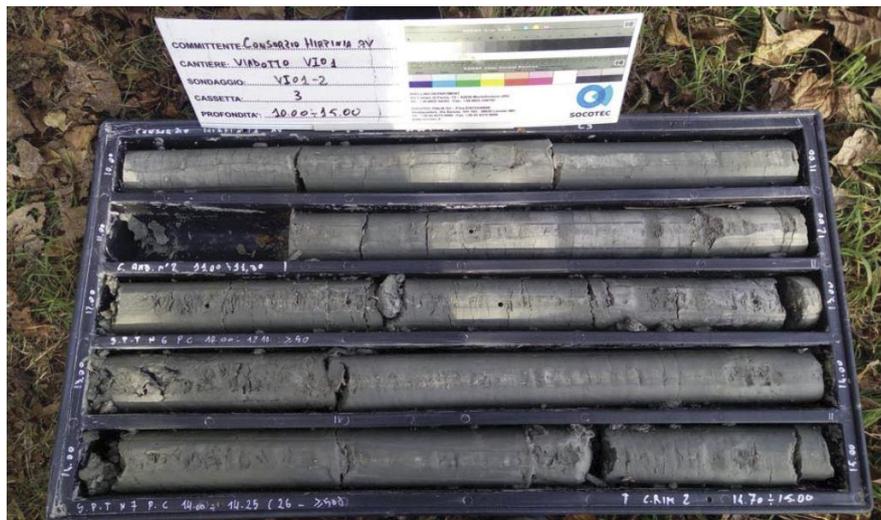


Figura 12. Aspetto in sondaggio delle argille grigie della litofacies ANZ2a sondaggio VI01-2 realizzato nella Conca di Grottaminarda.

I rapporti latero – verticali tra le due litofacies sono spesso di difficile definizione.

Il membro poggia con contatto discordante sulle formazioni del substrato (Flysch Rosso), osservato nei sondaggi SN-GR-02 e SN-GR-03.

Le molasse di Anzano si trovano coinvolte anche, nei pressi dell'imbocco lato Napoli della galleria Grottaminarda, in una zona di deformazione fragile – duttile molto complessa, descritta in dettaglio nei paragrafi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e seguenti.



Figura 13. Affioramento di peliti grigiastre della litofacies BNA2 in un'incisione circa 700 m ad Est dell'imbocco della finestra F6.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 18 di 64

2.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

2.2.1 Cenni generali

Nel seguito si riporta un inquadramento delle caratteristiche geomorfologiche principali per il cui dettaglio ed approfondimento si rimanda alla relazione geomorfologica di progetto (elaborato IF28.0.1.E.ZZ.RG.GE.01.0.3.001A).

L'area di studio è localizzata nella parte assiale della catena appenninica meridionale che, come noto, in questo settore, ha un andamento NW-SE (Figura 14).

Tale andamento preferenziale si osserva anche a scala minore (Figura 15); nell'intorno dell'area studiata infatti si possono identificare 3 unità fisiografiche disposte parallelamente tra loro, che da N verso S sono:

- Dorsale Ariano Irpino – Vallata
- Valle del Fiume Ufita
- Dorsale Bonito – Monte Forcuso

La dorsale Ariano Irpino – Vallata costituisce un'unità morfo-strutturale delimitata da grandi faglie dirette marginali. La morfologia risulta caratterizzata dalla presenza di elementi morfo-strutturali (versanti di faglia evoluti) e da numerosi elementi morfologici ereditati (paleosuperfici e paleoidrografie) e non collegati all'attuale livello di base. La morfologia di tale dorsale è condizionata, oltre che dalla presenza dei potenti depositi terrigeni del supersistema di Ariano Irpino costituiti da argille, arenarie sabbie e conglomerati, in grossi banchi nella parte sommitale della successione, soprattutto dagli effetti del sollevamento tettonico recente che ha contribuito al ringiovanimento del reticolo fluviale caratterizzato dal prevalente processo di erosione lineare attiva. Le valli ovunque si presentano fortemente incise, talora impostate lungo linee di faglie e/o fratture. Sui versanti sono diffusi fenomeni di dissesti superficiali e profondi che complessivamente concorrono al processo dell'erosione areale con rapido assottigliamento dei crinali.

La valle del F.Ufita costituisce l'altro elemento fisiografico che separa le due dorsali. Il suo sviluppo in direzione appenninica è stato controllato dall'attività della faglia diretta che delimita il versante meridionale della dorsale Ariano Irpino-Vallata, in prossimità di Castel Baronia. Numerosi indizi morfologici lasciano intendere che l'attività di tale faglia, oltre ad essere riferita al Pleistocene medio, sia continuata anche nell'Olocene (Brancaccio et alii, 1981; 1984; Basso et alii, 1996b) ed in tempi storici (Pantosti et alii, 1990; Boschi et alii, 1994). A questo proposito si veda il capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** – Sorgenti Simogenetiche.

La valle, lungo il tratto a SE, prima della confluenza con il T. Fiumarella, è molto stretta ed approfondita con un andamento marcatamente sinuoso. A monte dell'abitato di Grottaminarda, invece, diventa molto più ampia (circa 4 km) e si sviluppa per una lunghezza di circa 7 km con un andamento prevalentemente rettilineo fino in località Ponterotto, dove la sezione del letto fluviale si restringe nuovamente conservando fino allo spartiacque appenninico un andamento molto simile a quello del primo tratto.

Nel settore Bonito - M. Forcuso il carattere morfologico dominante è strettamente legato al complesso assetto strutturale dei terreni dell'unità lagonegrese, sovrapposti tettonicamente ai terreni dell'Unità del Fortore, ed alla diffusione dei terreni pelitici affioranti, che esaltano l'intensa erosione lineare dei corsi d'acqua, ovunque in approfondimento. In tale area si registrano ampi e complessi fenomeni franosi, parzialmente attivi che si sviluppano alla scala dell'intero versante mediante meccanismi di scorrimento e/o colata e che denotano più fasi di riattivazione.

Il settore a S-SW di tale dorsale, tra gli abitati di Benevento e Apice, è interessato da estese zone pianeggianti impostate prevalentemente sui depositi lacustri quaternari. In quest'area si imposta parte del reticolo idrografico del Fiume Calore che presenta, in questo settore, direzione circa N-S. Tale disposizione dell'asta fluviale devia in senso E-W all'altezza dell'abitato di Apice per riprendere nuovamente direzione N-S poco ad W di Benevento. Si tratta di un andamento planimetrico con forma all'incirca rettangolare connesso verosimilmente alle fasi della neotettonica.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 19 di 64



Figura 14 – Immagine satellitare (da Google Earth) con indicazione dell'area di interesse, rappresentata in dettaglio nella figura seguente.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Forme e processi gravitativi	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 20 di 64

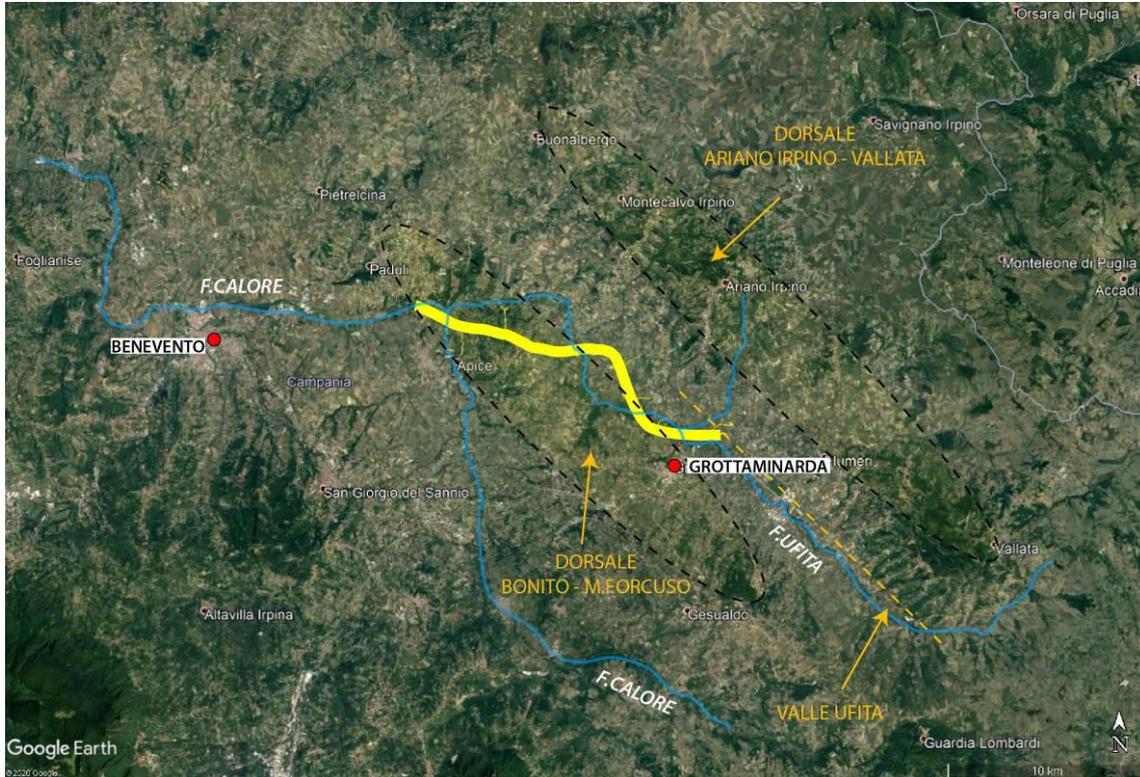


Figura 15 – Principali elementi fisiografici dell'area. In giallo è rappresentato il tracciato.

In base a questa suddivisione a più grande scala, il tracciato si sviluppa prevalentemente all'interno del settore Bonito – M. Forcuso. Si tratta di un paesaggio collinare, il cui rilievo massimo è rappresentato dal Monte Rocchetta, posto ad una quota di circa 630 metri slm.

Generalmente, in tutta l'area indagata, si può osservare una forte dipendenza tra litologia e morfologie che ne derivano. Fintanto che prevalgono i litotipi argillosi e argilloso-marnosi, approssimativamente dalla stazione Hirpinia fino a più di metà del tracciato, i versanti sono meno acclivi e sono interessati da frequenti ed importanti fenomeni franosi; entrando invece in settori in cui dominano i termini sabbioso-arenacei, i versanti si presentano localmente più acclivi e i fenomeni franosi sono meno frequenti.

Un altro evidente contrasto morfologico legato ad una differenza litologica si osserva nelle aree in cui prevale l'unità del Flysch Rosso (FYR); in questi settori infatti i corpi più grandi di calcari, calcareniti e brecce calcaree costituiscono rilievi acclivi e dorsali all'interno di un paesaggio caratterizzato da pendenze dolci, modellato all'interno dei termini più argillosi.

2.2.2 Principali elementi geomorfologici cartografati nell'area di studio.

In questo paragrafo verranno descritti a carattere generale i principali elementi geomorfologici lineari e areali cartografati nell'area studiata. Si rimanda al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** per la descrizione dettagliata del modello geomorfologico tratta per tratta.

Forme e processi gravitativi

La rappresentazione delle aree di dissesto sulla cartografia geologica e geomorfologica allegata al presente studio è stata effettuata, oltre che sulla base degli elaborati del progetto definitivo (2017).

I fenomeni franosi sono stati distinti in base alla tipologia di movimento (colamento, scivolamento rotazionale/traslato, crollo e movimento complesso) e al grado di attività (attivo, quiescente e stabilizzato). Se un corpo di frana attivo può essere identificato sia dall'osservazione degli elementi geomorfologici che tramite letture inclinometriche, definire se un fenomeno franoso è quiescente o stabilizzato necessita di una più attenta

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Forme legate alla dinamica dei corsi d'acqua	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>21 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	21 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	21 di 64								

osservazione delle forme del paesaggio e, se disponibili, di misure (es. inclinometri o PSinSAR) su un ampio periodo di tempo.

In generale, per distinguere una frana quiescente da una stabilizzata ci si è basati principalmente sul grado di rimodellamento; le forme profondamente modificate dai processi di rimodellamento (sia naturali che antropici) sono state interpretate come non più riattivabili per cui, il fenomeno gravitativo responsabile della loro formazione è stato ragionevolmente definito "stabilizzato". D'altra parte, invece, è stato definito come quiescente un processo gravitativo che ha generato forme che appaiono solo in parte modificate dal rimodellamento; questi processi pertanto, non stabilizzati naturalmente, potrebbero essere riattivati in occasione di eventi pluviometrici e/o sismotettonici.

I settori in cui il perimetro di un'area di frana è di difficile delimitazione, il dissesto coinvolge solo la copertura eluvio colluviale o comunque i primi 1 – 2 m di suolo ed in cui non è stato possibile definire con certezza il grado di attività, sono stati definiti come "aree interessate da soliflusso".

All'interno delle aree interessate da processi gravitativi sono stati distinti alcuni elementi lineari quali le nicchie principali e gli orli di scarpate secondarie. Anche per questi elementi è stato definito un grado di attività coerentemente con quanto descritto sopra.

Inoltre, per fornire un'indicazione relativa all'affidabilità dell'elemento cartografato sono stati utilizzati contorni o linee tratteggiate per elementi presunti/mal definiti e contorni e linee continue per rappresentare elementi definiti come "certi".

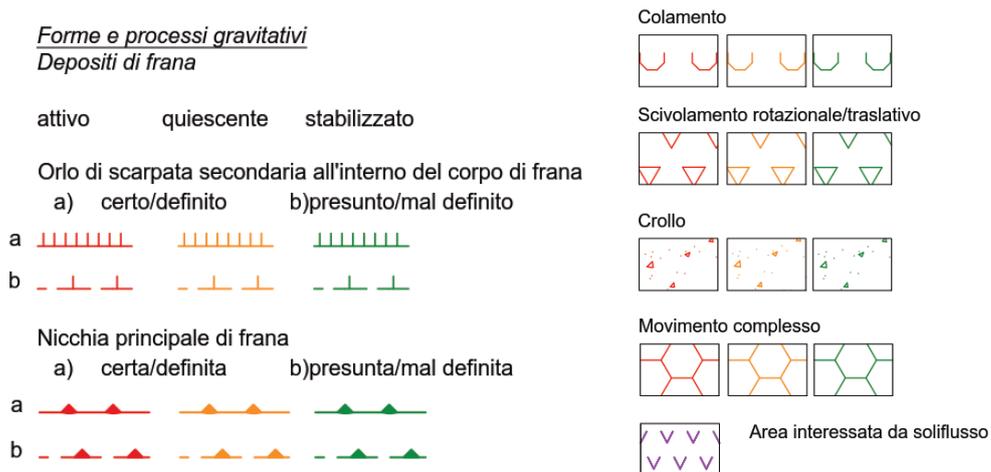


Figura 16 – Stralcio della legenda della carta geomorfologica prodotta in cui sono riportati le forme ed i processi gravitativi principali.

Forme legate alla dinamica dei corsi d'acqua

Sono stati rappresentati gli orli di scarpata fluviale attuale e recente e gli orli di scarpata antichi. I primi sono sostanzialmente gli orli che bordano i terrazzi nelle zone di pianura alluvionale legati ai corsi d'acqua principali; i secondi sono stati identificati ad una quota significativamente superiore rispetto al fondovalle attuale, delimitando antichi terrazzi fluviali.

Sono state inoltre rappresentate forme di erosione legate alla dinamica torrentizia che interessano i versanti, come ad esempio piccoli impluvi, sia attivi che stagionali, orli di scarpata di erosione regressiva ed erosioni lineari concentrate.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 22 di 64

Forme legate alla dinamica dei corsi d'acqua

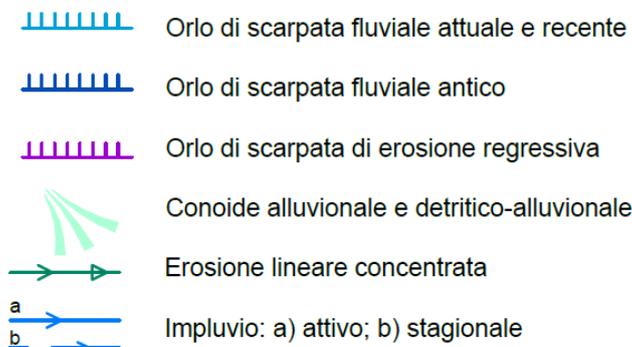


Figura 17 – Stralcio della legenda della carta geomorfologica prodotta in cui sono riportati le forme legate alla dinamica dei corsi d'acqua.

Elementi morfostrutturali

Sulla base del modello DTM ottenuto dai dati LIDAR ad alta definizione e delle foto aeree è stata effettuata un'analisi dei lineamenti.

Il risultato ottenuto è sintetizzato in Figura 19 dove è indicata la posizione e l'orientazione di tutti i principali lineamenti identificati in un intorno rappresentativo rispetto al tracciato. Come si osserva dal diagramma a rosa, la direzione preferenziale risulta essere NW-SE, in accordo con l'orientazione delle principali strutture a scala regionale.

Sulla base del confronto con le strutture tettoniche segnalate in letteratura e delle evidenze di terreno, alcuni di questi lineamenti sono stati interpretati come faglie. Le evidenze di terreno hanno riguardato principalmente il riconoscimento di elementi geomorfologici di origine strutturale come ad esempio scarpate / superfici di origine tettonica e/o deviazioni di segmenti di aste fluviali in direzione parallela ai lineamenti.

Di seguito si riporta uno stralcio della legenda della carta geomorfologica in cui sono riportati gli elementi areali e lineari principali individuati in carta.

Elementi geologici e morfostrutturali

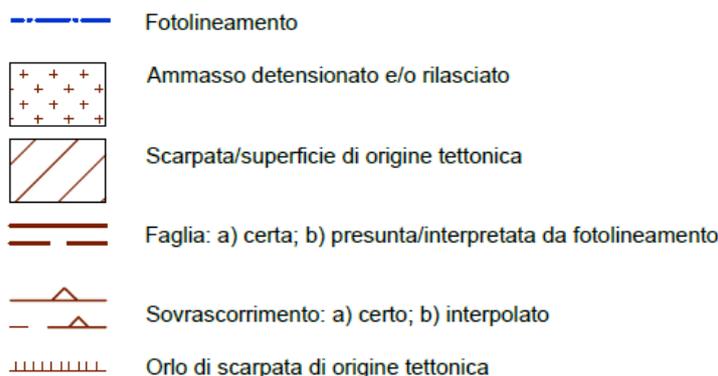


Figura 18 – Stralcio della legenda della carta geomorfologica prodotta in cui sono riportati gli elementi geologici e morfostrutturali principali.

In alcuni casi è stata osservata una certa corrispondenza tra i lineamenti e le nicchie di distacco delle frane; tale situazione non necessariamente indica la presenza di faglie attive (che quindi hanno provocato, almeno in parte, una destabilizzazione del versante). Le faglie infatti, generando nel materiale attraversato un generale abbattimento delle caratteristiche geomeccaniche, potrebbero essere intese come causa predisponente alla generazione del fenomeno franoso e non come causa.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 23 di 64

E' stato infine effettuato un confronto tra le faglie individuate e le faglie attive e capaci segnalate in letteratura (cfr. §**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Ciò che è emerso è che i dati esistenti riportano come attive due strutture che ricadrebbero in una posizione marginale nell'area studiata, in particolare nel settore della conca di Grottaminarda (faglia diretta NE-SW) e nel tratto all'aperto di Iscalonga (faglia diretta NW-SE, parallela al Fiume Calore).

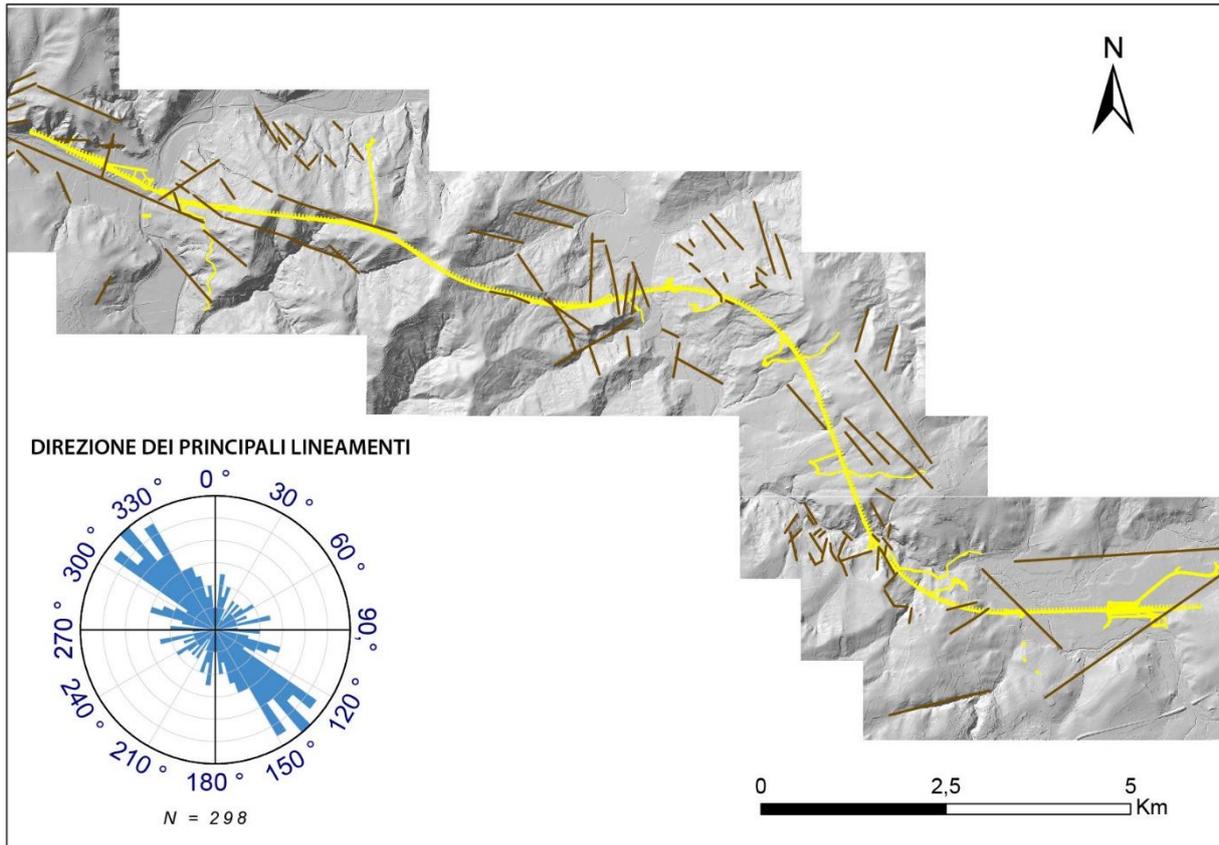


Figura 19 – Orientazione dei principali lineamenti individuati.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 24 di 64

2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO GALLERIA GROTTAMINARDA

2.3.1 Imbocco Galleria Grottaminarda lato Bari, pk 2+705

L'imbocco lato Bari della Galleria Grottaminarda interessa il rilievo che borda ad W la conca di Grottaminarda (Figura 20 e Figura 21). Lungo il versante sono stati individuati alcuni orli di scarpata ai quali è stata associata un'origine tettonica, che potrebbero essere legati alla faglia orientata NW-SE citata nel paragrafo precedente. Le suddette scarpate si presentano fortemente rimodellate sia da agenti naturali (acque di corrivazione e ruscellamento diffuso/concentrato), sia dalle attività agricole antropiche.

Interferenze elementi geomorfologici / opera

Non si evidenzia alcun fenomeno franoso interferente con l'imbocco e non si ravvisano problematiche particolari per la fase costruttiva, ne esigenze di interventi particolari, fatte salve le opportune misure per evitare l'innescio di fenomeni di erosione superficiale e di piccoli fenomeni gravitativi di modesto spessore.

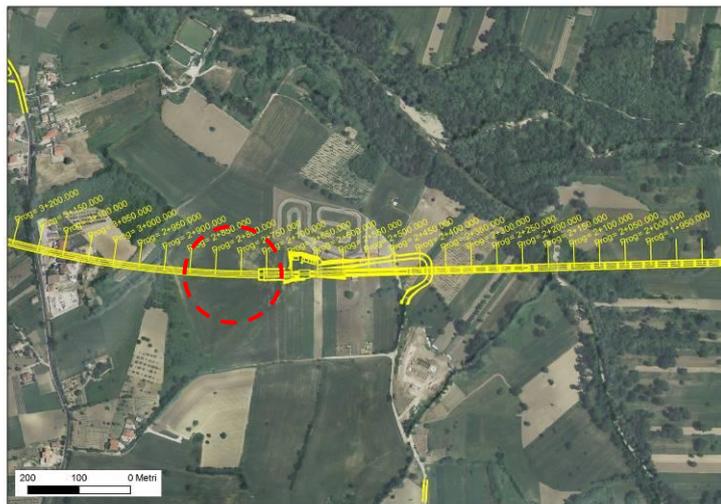


Figura 20 – Stralcio non in scala su ortofoto dell'imbocco lato Bari della galleria Grottaminarda (cerchio rosso).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 25 di 64

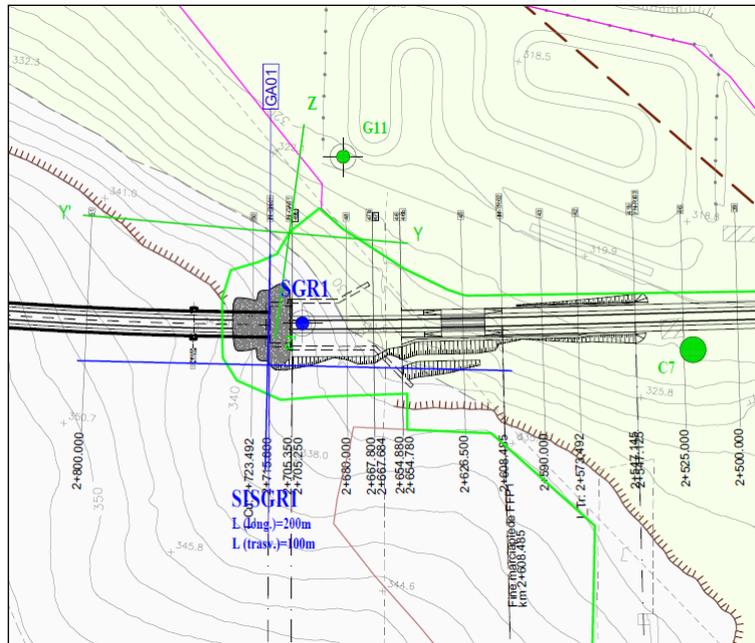


Figura 21 – Imbocco della Galleria Grottamurada lato Bari, stralcio non in scala della Carta Geomorfologica (IF2801EZZN6GE0103001B)

2.3.2 Galleria Grottamurada, da pk 2+705 a 4+697

La Galleria Grottamurada attraversa il versante orografico sinistro del fiume Ufita. Questo versante è caratterizzato da numerose frane di diversa estensione e grado di attività (attivo, quiescente e stabilizzato). Il tracciato inoltre si inserisce in un settore tettonicamente complesso in cui strutture fragili e fragili-duttili compressive e distensive interessano il substrato pre-quadernario. Vista la rilevanza ai fini del progetto di alcuni degli elementi geomorfologici (in particolare della così detta Frana di Grottamurada) si è ritenuto opportuno suddividere la descrizione degli aspetti geomorfologici in diverse tratte.

Tratta da imbocco lato Bari a pk 3+325

A partire dall'imbocco lato Bari il tracciato viene attraversato da 2 faglie presunte ad alto angolo a direzione NE-SW; la prima tra pk 2+975 e pk 3+000 e l'altra alla pk 3+325 circa. Entrambe le faglie sono state ipotizzate sulla base di considerazioni geomorfologiche derivanti dall'analisi dei dati LIDAR e dei rilevamenti di terreno. In particolare le faglie sono individuate da due incisioni che bordano un settore più rilevato definendo delle scarpate di probabile origine strutturale. Le scarpate presentano un'altezza di una decina di metri e sono parzialmente vegetate e coltivate. In corrispondenza della pk 2+975 circa è stata riconosciuta sul terreno una depressione chiusa orientata anch'essa NE – SW. La direzione delle strutture è concorde con i sistemi riconosciuti a scala maggiore (cfr Figura 19).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 26 di 64

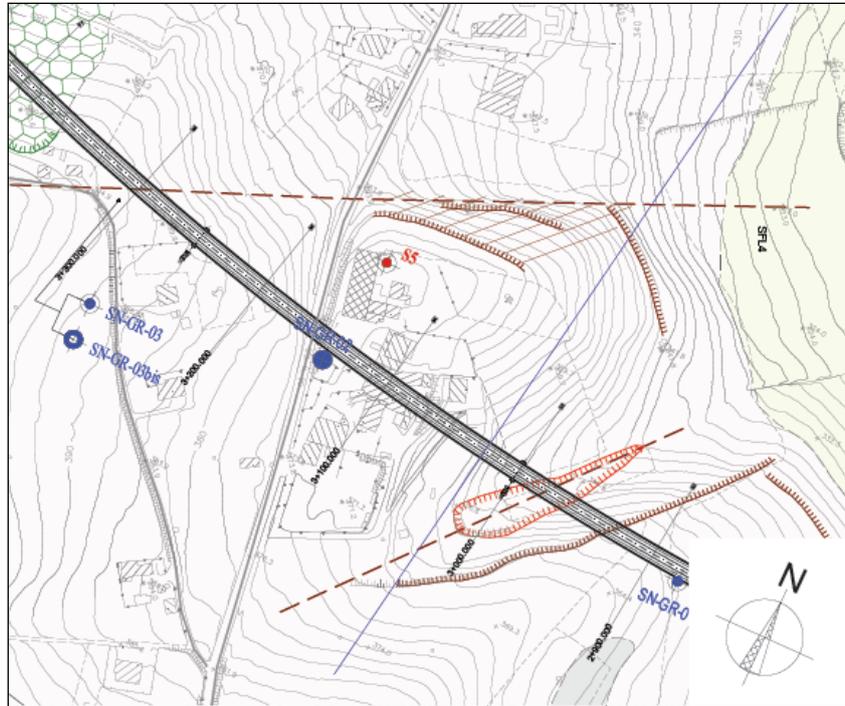


Figura 22 – Stralcio non in scala della carta geomorfologica (CODICE IF2801EZZN6GE0103003B), Galleria Grottaminarda.

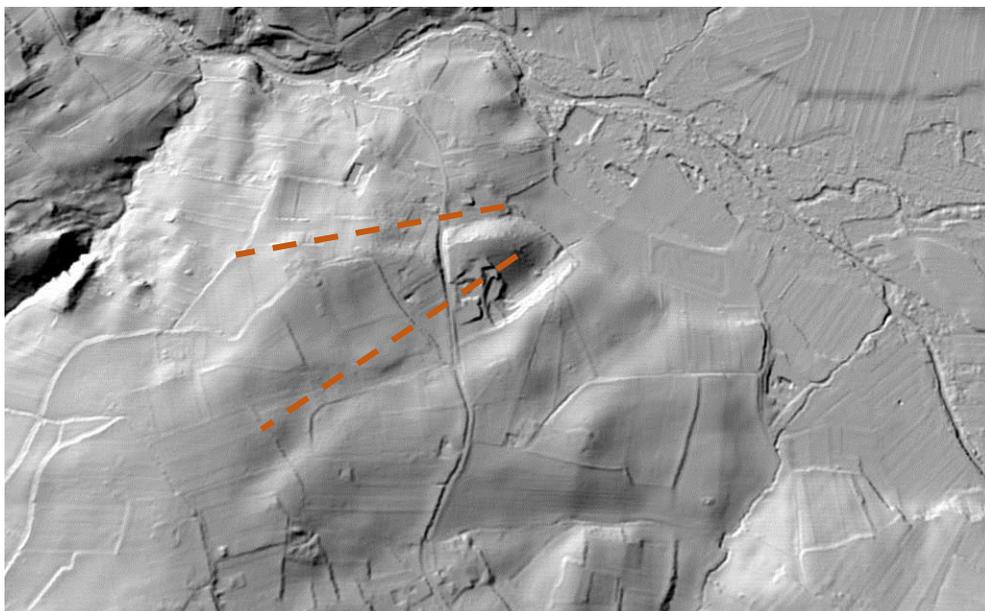


Figura 23 – Stralcio non in scala del modello digitale del terreno ottenuto dal Lidar in cui è riportata la traccia delle superfici di faglia presunte.

Interferenze elementi geomorfologici / opera

Non sono presenti dissesti direttamente interferenti con questa parte di tracciato.

Le interferenze tra le faglie descritte e la galleria sono descritte in dettaglio nella relazione geologica (IF2801EZZRGGE0101001B).

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 27 di 64

Tratta da pk 3+350 a pk 3+870

Dalla pk 3+350 alla pk 3+870 circa, l'area attraversata dal tracciato è caratterizzata dalla presenza di due frane complesse stabilizzate di cui una in parte attiva.

La prima frana che si incontra si sviluppa longitudinalmente per circa 500 m e trasversalmente per 200 m, tra le pk 3+350 e 3+550. Si estende da quota 400 m fino al fondovalle a quota 312 m circa. La parte superiore della frana è da ritenersi stabilizzata, poiché gli elementi legati alla dinamica gravitativa appaiono poco definiti e fortemente rimodellati. Non si riconosce infatti una scarpata marcata nella nicchia di distacco; gli elementi più evidenti che marcano il dissesto risultano essere le ondulazioni irregolari che si osservano lungo il versante. La potenza del corpo di frana in corrispondenza della traccia della galleria è stata stimata intorno agli 8 m, sulla base delle osservazioni dei sondaggi ubicati più a valle.

A partire da quota 360 m fino alla base del pendio si riconoscono invece elementi geomorfologici minori legati alla gravità, come trincee, contropendenze e vallecole, che indicano che il fenomeno gravitativo è attivo. In prossimità del fondovalle, parte del corpo di frana è eroso dal corso d'acqua.

Per una descrizione di dettaglio di questo dissesto si rimanda al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** relativo alla Finestra F1.

Il sondaggio SGR3 è attrezzato ad inclinometro ed è tutt'ora in fase di monitoraggio.

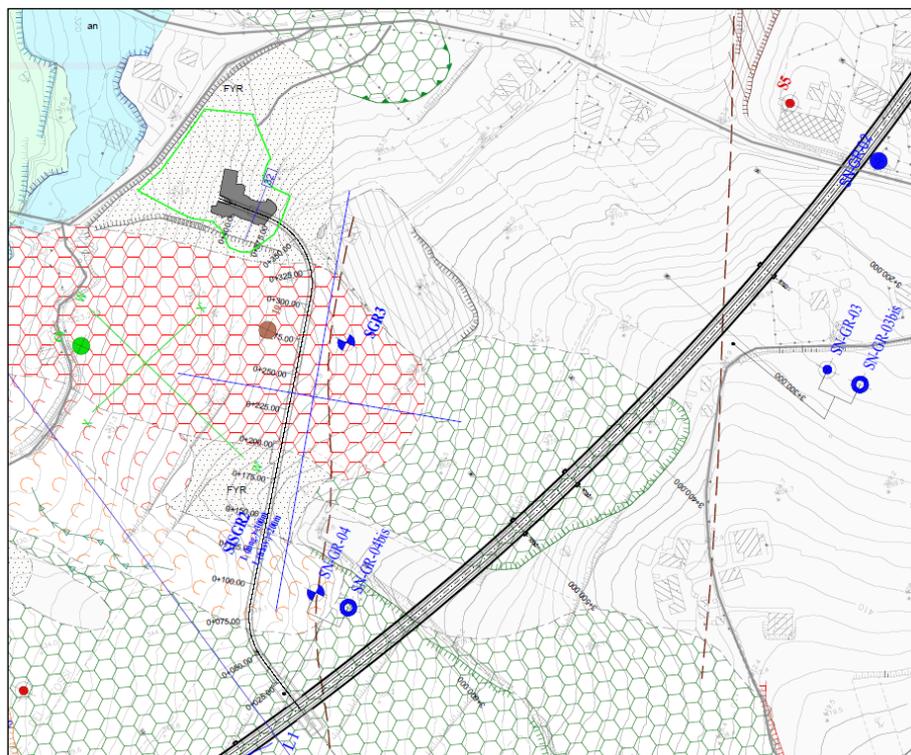


Figura 24 – Stralcio non in scala della carta geomorfologica (CODICE IF2801EZZN6GE0103003B), Galleria Grottaminarda e Finestra F1

La seconda frana mostra dimensioni maggiori ed interessa tutto il versante fino al fondovalle. In senso trasversale alla direzione di massima pendenza del versante tale corpo è esteso per diverse centinaia di metri (circa 300 m in prossimità della traccia planimetrica del tracciato), sino al Vallone dei Fossi (pk 3+925). Il Vallone dei Fossi è rappresentato da una valle, perpendicolare al versante, a direzione media NE-SW; il suo fondovalle risulta particolarmente inciso e delimitato da scarpate di altezza variabile, tendenzialmente superiore al metro.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 28 di 64

Anche in questo caso gli elementi geomorfologici che si identificano all'interno del corpo di frana, perlopiù scarpate, sono fortemente rimodellati ed inerbiti; dal rilevamento di terreno e dalle analisi del modello hillshade non si identificano forme tali per definire il fenomeno franoso come attivo, pertanto è stato interpretato perlopiù come un fenomeno stabilizzato.

Come per la frana attiva di Grottaminarda, nella quale i dati stratigrafici non sono particolarmente significativi per l'individuazione delle superfici di movimento, anche per la frana compresa tra le pk 3+600 e 3+875 questi dati non aiutano a delimitare in maniera chiara la superficie di scivolamento. Pertanto, la profondità è stata attribuita basandosi sull'estensione del fenomeno, l'altezza delle scarpate della nicchia e le dimensioni delle forme ondulate del corpo di frana.



Figura 25 – Foto scattata da monte: in primo piano il dissesto attivo (la cosiddetta Frana di Grottaminarda); in secondo piano, oltre il Vallone dei Fossi (indicato con la feccia gialla), il movimento stabilizzato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 29 di 64

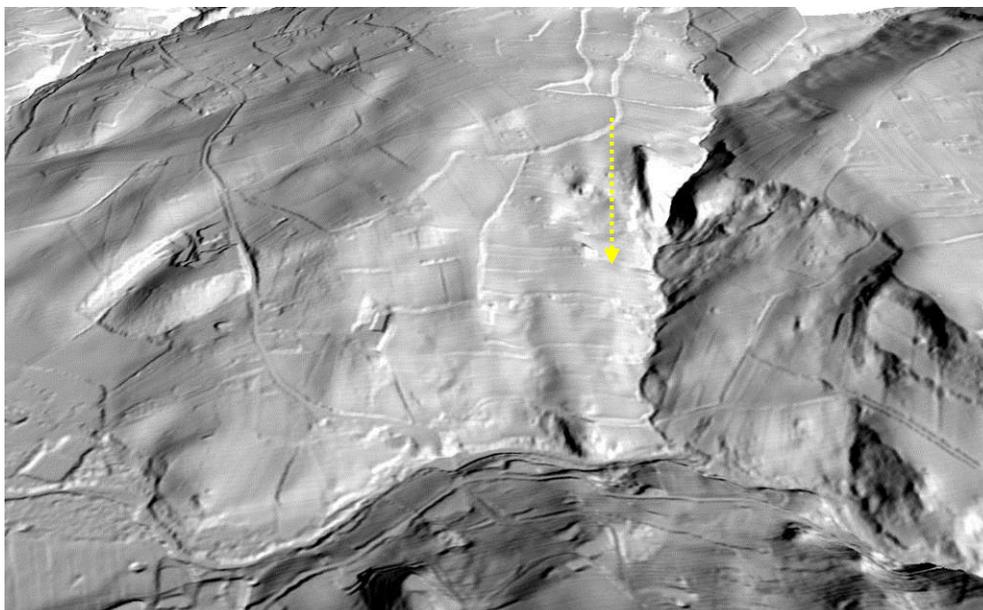


Figura 26 – A destra del Vallone dei Fossi (indicato con la feccia gialla) il dissesto attivo, a sinistra il dissesto stabilizzato nel settore della Galleria Grottaminarda. Base: hillsahde da DTM Lidar

Ad alcuni settori, dove il grado di rimodellamento è apparso meno evoluto, è stato associato lo stato di quiescenza; si tratta perlopiù di colamenti, tendenzialmente poco profondi, entro 5 metri dalla superficie.

Questo settore di versante è investigato dai sondaggi S6 (2015) e SN-GR-04 (2019); quest'ultimo è attrezzato con inclinometro.

Interferenze elementi geomorfologici / opera

Il primo dissesto non interessa direttamente la galleria di linea; si rimanda al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** relativo alla Finestra F1.

Il dissesto tra le pk 3+600 e 3+875 ha uno spessore massimo di circa 20 – 22 metri, attribuito in maniera cautelativa sulla base delle evidenze morfologiche precedentemente elencate e non interessa direttamente lo scavo della galleria.

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

La zona di frana di Grottaminarda è una porzione di versante nella quale diverse tipologie di movimenti gravitativi concorrono a formare una estesa zona di instabilità attiva; in planimetria, il settore in frana si colloca indicativamente tra la pk 3+925 e la pk 4+250. Per una descrizione delle caratteristiche litologiche della frana si rimanda alla Relazione Geologica Generale.

A. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La zona di frana si sviluppa tra la dorsale di Colle Saudone, il fondovalle del Fiume Ufita e il Vallone dei Fossi (Figura 27). Tale area è caratterizzata dalla presenza di un esteso corpo franoso, geometricamente articolato e di circa 350.000 m² di estensione, che si sviluppa dalla parte alta del rilievo fino al fondovalle del Fiume Ufita, a valle della confluenza dei due corsi d'acqua suddetti. Nella zona di monte, il movimento franoso è caratterizzato dalla presenza di una evidente nicchia di distacco con scarpata di altezza variabile tra 5 e 10 m circa. Il bordo destro del corpo d'accumulo è delimitato per l'intera estensione dall'incisione del Vallone dei Fossi. Sulla destra idrografica del Vallone dei Fossi è possibile riconoscere un altro corpo franoso di dimensioni circa comparabili con quello posto in sinistra, però con caratteristiche morfologiche indicative di un movimento antico attualmente stabilizzato, così come descritto nel sottoparagrafo precedente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 30 di 64

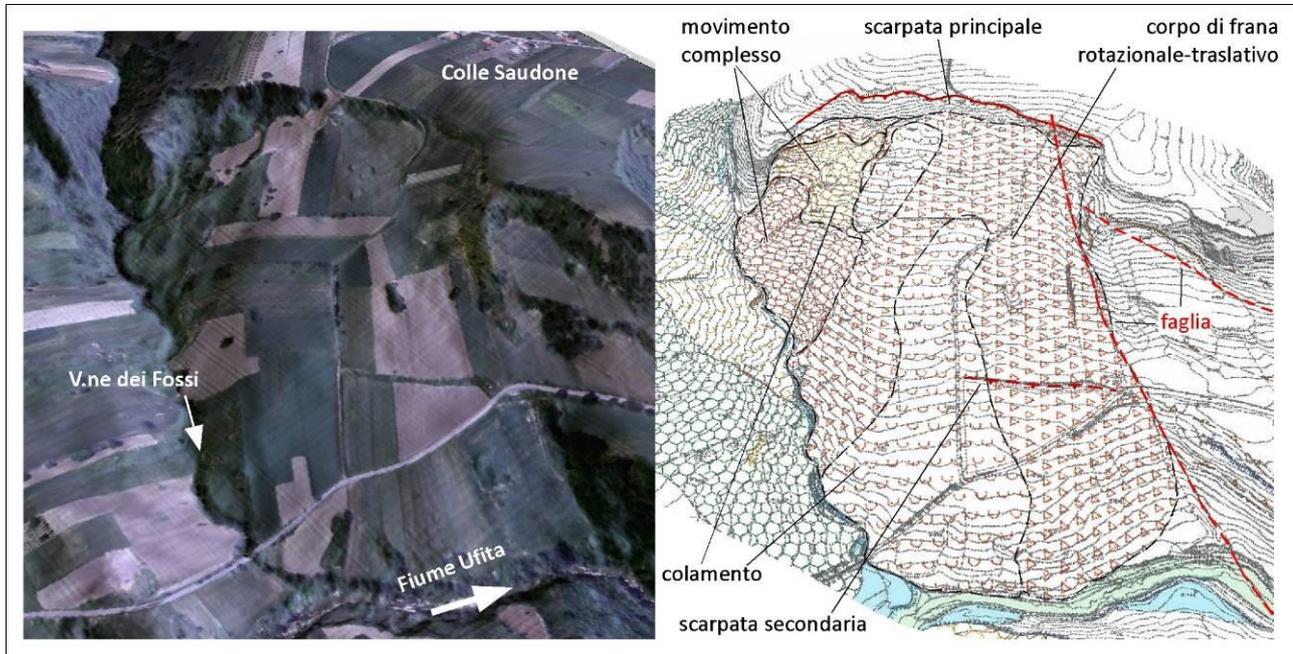


Figura 27. Vista prospettica della zona di frana di Grottaminarda con ortofoto (sinistra) e stralcio della carta geomorfologica (destra) proiettate su modello digitale di terreno; in verde: corpi di frana stabilizzati, in giallo: corpi di frana quiescenti, in rosso: corpi di frana attivi.

Il corpo principale della zona di frana di Grottaminarda è formato da un deposito di natura prevalentemente limoso-argilloso e contenente clasti e blocchi di varia pezzatura di calcari e calcareniti. Nella parte alta, l'elemento morfologico più pronunciato è rappresentato dalla nicchia di distacco, entro cui si imposta una scarpata sommitale piuttosto acclive (Figura 29). Alla base della scarpata è possibile riconoscere chiaramente l'inizio del corpo di accumulo, in corrispondenza del quale si assiste ad una riduzione di pendenza del versante. Sul lato sinistro della nicchia la scarpata causa il locale denudamento del substrato sottostante, in questo settore costituito da calcari e da brecce tettoniche cementate associate a zone di faglia normali (Figura 31).

Le caratteristiche morfologiche indicano che il movimento gravitativo all'origine dell'accumulo è di tipo rotazionale-traslativo. In particolare, gli elementi che fanno propendere per questa classificazione sono rappresentati: i) da una nicchia di distacco caratterizzata da una forma arcuata e concava verso la frana; ii) dalla superficie del corpo di accumulo che è caratterizzata da una forma lobata ribassata; iii) da una topografia del corpo d'accumulo arcuata in senso trasversale al pendio e iv) da una pendenza relativamente inferiore rispetto alle aree circostanti.

All'interno del corpo di accumulo è assente un reticolo idrografico, mentre al piede il Fiume Ufita risulta localmente deviato. La parte medio-bassa del deposito di frana presenta una morfologia più matura rispetto alla parte alta, con forme più spianate.

Le superfici di denudamento fresche in corrispondenza di alcune parti della scarpata e i cambi di pendenza marcati visibili lungo la nicchia, suggeriscono che la frana sia in attività. Tuttavia dagli elementi morfologici disponibili non è chiaro se la deformazione coinvolga l'intero corpo di frana o la sola porzione di monte, nella quale si osservano gli indizi di attività più chiari. Un'altra evidenza dell'attività gravitativa nella parte alta del corpo di accumulo è rappresentata dalla presenza di crepe di tensione sviluppate nella cotica erbosa in direzione trasversale al pendio. Evidenze di rotture di questo tipo sono frequenti anche in pendii non interessati da movimenti franosi, poiché legate a fenomeni di disseccamento dei suoli argillosi. Tuttavia, mentre in genere nel caso dei semplici fenomeni di disseccamento queste crepe hanno una distribuzione caotica, nel caso delle porzioni di monte del corpo d'accumulo esse sono continue, più larghe e profonde e subperpendicolari alla linea di maggior pendenza del versante (Figura 30).

Nella parte intermedia della frana si riconosce invece la presenza di una scarpata secondaria stabilizzata che taglia diagonalmente il corpo di accumulo e alla cui sommità è posto un tratturo (Figura 28 frecce blu). Questa scarpata è

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 31 di 64

interpretabile come un elemento legato a una delle significative attivazioni locali indotte dalla polifasicità del fenomeno gravitativo

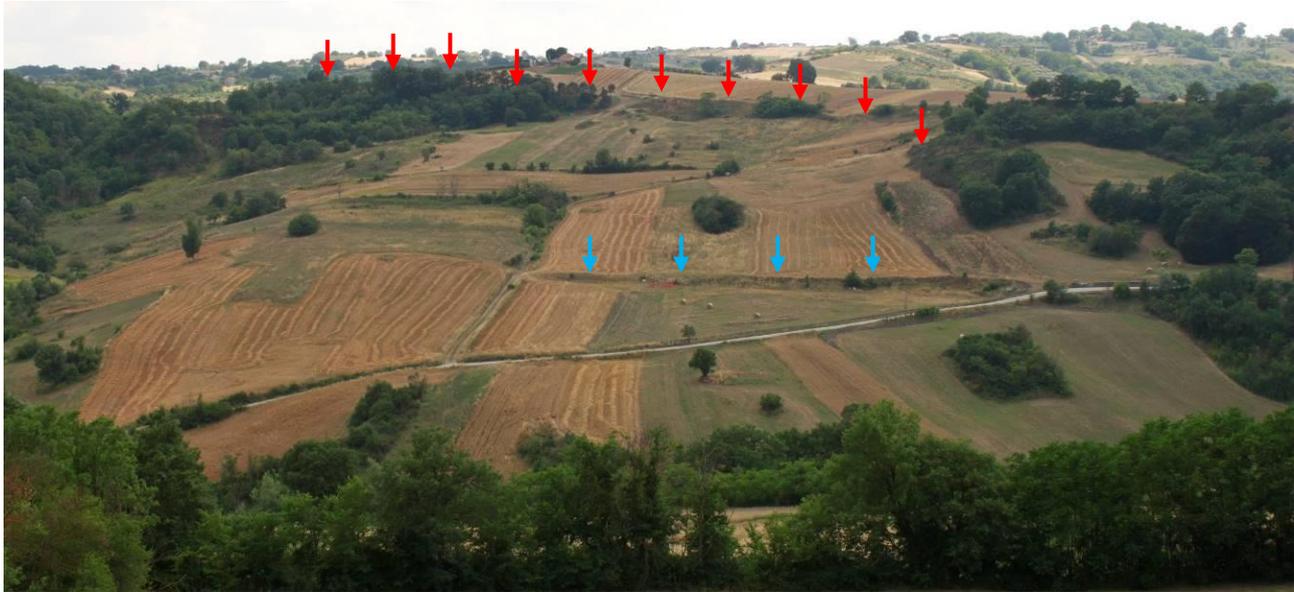


Figura 28. Foto con vista frontale della frana di Grottaminarda. Le frecce rosse indicano la posizione della scarpata principale, le frecce blu quella di una scarpata interna al corpo di frana.

Il corpo di accumulo principale è interessato da alcuni movimenti franosi secondari più superficiali e di minore estensione areale. Tali fenomeni sono classificabili come colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra, con stato in parte attivo e in parte quiescente (Figura 31). Le frane secondarie sono caratterizzate da spessori delle masse in deformazione stimabili tra i 2 e 5 m circa, con tassi di deformazione che sembrerebbero essere piuttosto bassi, indicativamente dell'ordine di alcuni centimetri l'anno, come si deduce dall'assenza di diffuse rotture nel suolo. In posizione centrale rispetto al corpo di frana di tipo rotazionale-traslativo si riconosce un corpo in colamento che tende ad allargarsi verso il basso andando ad interessare la base del pendio in corrispondenza dell'area in cui si verifica l'intersezione tra il Vallone dei Fossi e il Fiume Ufita (Figura 31). Verso la parte alta, il corpo franoso principale ha subito una rimobilitazione con componente cinematica diretta verso il Vallone dei Fossi da parte di un movimento recente ed uno attuale, aventi entrambi dinamica complessa. Tali movimenti hanno determinato lo sviluppo di scarpatine multiple e di ridotta dislocazione ad andamento listrico.



Figura 29. Foto con vista laterale del fianco sinistro della nicchia del corpo principale di frana (le frecce rosse indicano la posizione della scarpata principale lungo cui si assiste al denudamento del substrato calcareo).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 32 di 64

Dalla ricostruzione geologico-strutturale di questo settore è emerso che uno dei fattori predisponenti allo sviluppo del fenomeno franoso è rappresentato dall'incrocio di due sistemi di faglie ad alto angolo , uno a direzione NE-SW e l'altro a direzione NNW-SSE e riportate nella cartografia geologica-geomorfologica e illustrate in **Figura 31**. Il secondo sistema, descritto nel paragrafo precedente, è quello che interseca il tracciato tra la pk 4+325 e 4+650. È probabile che l'incrocio tra i due sistemi, che avviene in corrispondenza della zona di frana, sia all'origine di una zona di debolezza strutturale che ha favorito l'innescio del fenomeno gravitativo, ulteriormente richiamato dalla progressiva erosione al piede ad opera del Fiume Ufita.



Figura 30. Rotture nella cotica erbosa nel settore della nicchia di distacco della Frana di Grottaminarda

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 33 di 64

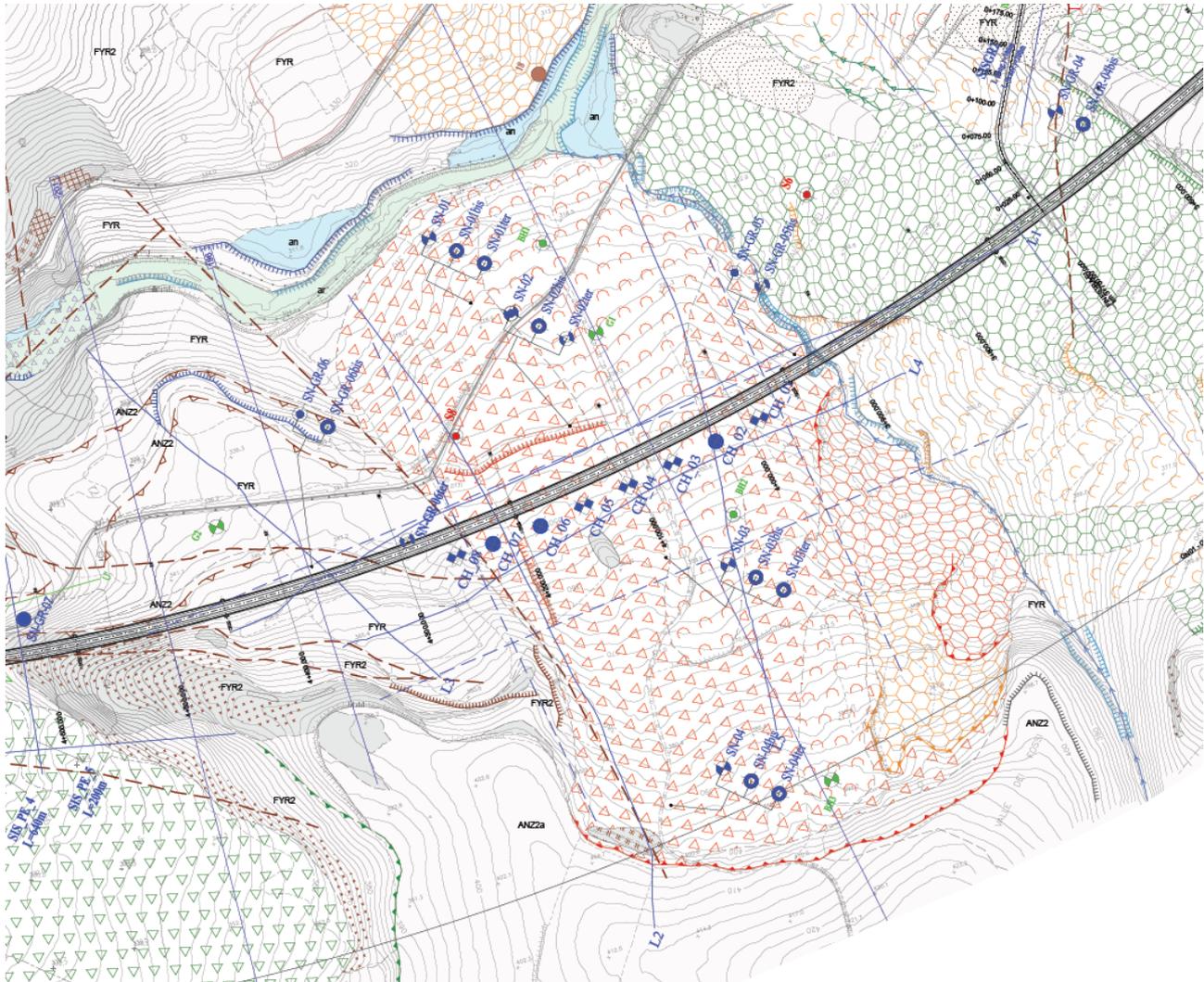


Figura 31. Stralcio non in scala della carta geomorfologica della zona di frana di Grottaminarda.

B. Dati litologici e geofisici

Le informazioni derivanti dalle numerose stratigrafie di sondaggio realizzate nell'area interessata dal fenomeno sono state analizzate per tentare di ricostruire la geometria del corpo d'accumulo e la posizione della superficie d'appoggio. Per il dettaglio dei sondaggi realizzati in questo settore si rimanda alla Relazione Geologica Generale.

La ricostruzione del corpo d'accumulo in profondità è tuttavia problematica sulla base dell'esame delle carote, in quanto dal punto di vista stratigrafico-strutturale non vi sono chiare evidenze circa la presenza di superfici di separazione tra un corpo sovrastante in frana e un substrato sottostante esente da movimenti. Ciò è dovuto al fatto che depositi del corpo di frana non presentano caratteristiche litologico-tessiturali peculiari e chiaramente distinguibili da quelle del substrato non coinvolto nel fenomeno. In questo settore di tracciato il substrato è infatti costituito da depositi di tipo caotico del Flysch Rosso, con litofacies che sono state distinte sulla base delle percentuali relative di materiale pelitico e clasti/blocchi di materiale litoide (FYRca, FYRcb, FYRcc). Tale formazione, di natura estremamente eterogenea, implica la presenza di materiale litoide a spigoli vivi di varia pezzatura, talora poligenico e avvolto da una matrice fine argilloso-marnosa, spesso senza una tessitura ben definita. Pertanto già in origine il substrato presenta caratteristiche litologico-tessiturali non del tutto distinguibili da quelle che potrebbero essere generate da un processo franoso.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 34 di 64

Mentre in alcuni sondaggi sono individuabili degli orizzonti che presentano delle caratteristiche potenzialmente compatibili con superfici di scorrimento, in altri sondaggi tali caratteristiche sono assenti. Ad esempio, tra i sondaggi in cui sono evidenziabili delle caratteristiche compatibili con dei piani di scorrimento vi è il sondaggio CH2, nel quale, tra 21.5 m e 22 m, si può osservare una riduzione consistente di granulometria per fratturazione di originari blocchi decimetrici di calcari. Nel sondaggio G1 attorno a 22 m si osserva una netta variazione cromatica nelle argille-limose, che nella parte superiore sono di colore tendenzialmente brunastro-grigio, mentre nella parte inferiore sono di colore verde oliva e grigio azzurro; sia sopra sia sotto sono presenti clasti di calcari calcilutitici. Invece, né nel sondaggio CH6, caratterizzato in prevalenza da argille marnose grigio-verdi, né nel sondaggio SN_03, caratterizzato dai depositi della litofacies del caotico del Flysch Rosso di "tipo c", si osserva alcuna variazione tessiturale o cromatica significativa lungo la verticale. Anche nel sondaggio CH7 non si denotano variazioni lungo la verticale chiaramente riconducibili alla presenza di un corpo franoso, eccezion fatta tra 6 e 10 m, ove si osservano orizzonti sabbioso-limosi con alcune vene di calcite e tracce di alterazione dovute forse a circolazioni di acqua più attive.

Un tentativo di individuazione della superficie di frana è stato fatto anche utilizzando i risultati delle indagini geofisiche. Le varie tipologie di indagini disponibili forniscono le indicazioni che seguono.

- **Sismica a rifrazione.** Sia gli stendimenti sismici paralleli al tracciato dell'opera (Linee 1 e 2), sia quelli trasversali (Linee 3, 4 e 5) mostrano una distribuzione caotica delle velocità sismiche senza evidenza zone con basse velocità omogenee riferibili ad orizzonti di debolezza strutturale; le differenze relative di velocità sono poco marcate. Anche dal confronto tra linee sismiche tra loro parallele emerge come le zone di locale aumento/riduzione delle velocità siano collocate a differenti profondità e non siano spazialmente correlabili. Le variazioni di velocità sembrano pertanto riconducibili alle variazioni litologiche proprie della formazione del Flysch Rosso che in questa zona presenta una notevole variabilità composizionale, da litofacies francamente argilloso-marnose a litofacies di depositi caotici con elevati contenuti di elementi lapidei.
- **Tomografia elettrica.** Sia sugli stendimenti paralleli al tracciato dell'opera (Linee 1 e 2), sia su quelli trasversali (Linee 3, 4 e 5), le tomografie evidenziano una distribuzione irregolare della resistività elettrica, anche in questo caso con variazioni di resistività distribuite in modo caotico. Sulla Linea 1 e sulla Linea 2, l'elemento più significativo riguarda la presenza, nella porzione centrale del profilo tomografico (tra i sondaggi CH2 e CH5), di una zona a resistività elettrica relativamente bassa. Tale anomalia potrebbe essere riconducibile alla presenza di un accumulo di acqua, dovuta ad esempio ad una falda sospesa, oppure ad una zona relativamente più ricca di materiale argilloso elettricamente più conduttivo. L'ipotesi di un accumulo d'acqua sembra tuttavia improbabile visto che la stratigrafia dei sondaggi realizzati in questa zona indica la presenza nella matrice di prevalenti argille o argille-marnose costituenti materiali pertanto poco inclini ad ospitare una falda. L'ipotesi di un condizionamento dei valori locali di resistività da parte di materiale maggiormente argilloso sembra essere quindi più verosimile.
- **Tomografia cross-hole.** L'indagine evidenzia velocità delle onde relativamente basse ($V_p < 1'700$ m/s) e con variazioni laterali piuttosto accentuate entro i primi 10-15 m di sottosuolo. Inferiormente a tale strato sono presenti valori di velocità superiori a 1'700 m/s. La zona a maggiore velocità indica una porzione di terreno caratterizzata presumibilmente da maggiore compattazione dei materiali, mentre quella a minore velocità è probabilmente quella che risente dei movimenti gravitativi.

Pertanto, non emergendo riflettori netti dalle indagini geofisiche, non è possibile delimitare spazialmente in maniera certa l'estensione in profondità dei depositi di frana né è possibile ricostruire delle superfici riferibili ai piani di scivolamento della frana. Qualitativamente, dalle tomografie *cross-hole* è possibile individuare nei primi 10-15 m una zona con velocità relativamente più basse potenzialmente riconducibili al fenomeno franoso.

C. DATI DI MONITORAGGIO

Allo scopo di ricostruire in maniera dettagliata la dinamica dei movimenti gravitativi è stata approntata in fase di PE una campagna di monitoraggio con misura di:

- movimenti in superficie: tale campagna è basata sulla tecnica dell'interferometria SAR terrestre (TSAR). Sul versante della frana di Grottaminarda sono stati installati 20 *corner reflector* che vengono utilizzati come "bersagli" per misurare gli spostamenti differenziali e quindi per individuare i diversi cinematismi (cfr.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>35 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	35 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	35 di 64								

ubicazione in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a inizio report). Inoltre, ad integrazione di questo sistema è attivo un monitoraggio topografico effettuato per mezzo di stazione totale robotizzata (tipo Leica TCA2003, elaborati con programma di calcolo GEOMOS NOW, di Leica Geosystems).

- movimenti in profondità: tale campagna è basata sul monitoraggio degli spostamenti in una serie di inclinometri e di sistemi inclinometrici di tipo *Vertical Array* basati su tecnologia MUMS (Modular Underground Monitoring System) ad acquisizione automatizzata, progettati per la misura dei movimenti orizzontali o verticali del terreno.

Ad oggi il sistema di monitoraggio così integrato copre, dal momento della sua installazione, un arco temporale di circa 6-7 mesi.

Monitoraggi topografici

Per quanto riguarda il monitoraggio topografico, le misure eseguite nel periodo dal 20 febbraio 2020 al 1° giugno 2020 dalla stazione totale posizionata sul versante opposto alla frana su 20 target mostrano, in generale (con riferimento ai movimenti denominati nei report “monte-valle” ovvero lungo la linea di misura), un avvicinamento dei target alla stazione di misura dell’entità di alcuni cm. I grafici dell’andamento temporale di tali misure mostrano alcune anomalie, rappresentate da evidenti scalini a ritroso nella tendenza delle misure. Escludendo i dati di dubbia interpretazione è stato possibile prendere in considerazione un periodo di poco più di 1 mese per il quale si è maggiormente confidenti in merito all’attendibilità dei dati. In questo periodo si osservano dai grafici delle misure “monte-valle” evidenze prevalentemente in avvicinamento comprese tra 0 e 15 mm circa, con alcuni casi in allontanamento fino ad un massimo di 15 mm.

Per quanto attiene invece al monitoraggio interferometrico terrestre, eseguito da sensore fisso posizionato nei pressi della stazione totale del monitoraggio topografico, su 20 *Corner Reflector* (CR) posizionati nell’area di frana, si dispone al momento attuale di una serie temporale di misure che vanno dall’ 11/12/19 al 22/05/20. Nelle conclusioni dell’ultimo report (quarto monitoraggio interferometrico) si mettono in evidenza solo alcuni movimenti in avvicinamento al sensore per i *Corner Reflector* della parte alta del versante monitorato (relativo al settore della nicchia di distacco), con entità massima di 4-5 mm. Analizzando i grafici riportati nel report si osserva che anche nelle porzioni medio-basse del versante vi sono avvicinamenti al sensore di entità millimetrica (2-3 mm) per i punti CR12 e CR1. Vi sono poi tutta una serie di altri CR che invece mostrano, in maniera anomala rispetto ad un contesto di possibile deformazione gravitativa superficiale, allontanamento dal sensore, ancorché limitato ad alcuni millimetri (CR2 e CR8 hanno entità rispettivamente di -5 e -6 mm). Queste anomalie possono essere ragionevolmente dovute a possibili interferenze dei CR con fenomeni superficiali localizzati, come ad esempio gli effetti dovuti ai cicli di imbibizione e disseccamento del terreno che caratterizzano questo settore e che provocano lo sviluppo di fratture nel terreno associate con movimenti fino a qualche cm.

In conclusione, tenendo conto delle incertezze sopra richiamate, riguardanti i dati restituiti del sistema di monitoraggio topografico, rimane il fatto che il sistema di monitoraggio TSAR sembra confermare quanto già appurato attraverso il rilevamento geologico, ovvero che la parte alta del versante sembra essere quella maggiormente attiva (con movimenti di ca. 4-5 mm), mentre quella medio-bassa sembra essere relativamente meno attiva (con movimenti di ca. 2-3 mm).

Monitoraggi inclinometrici

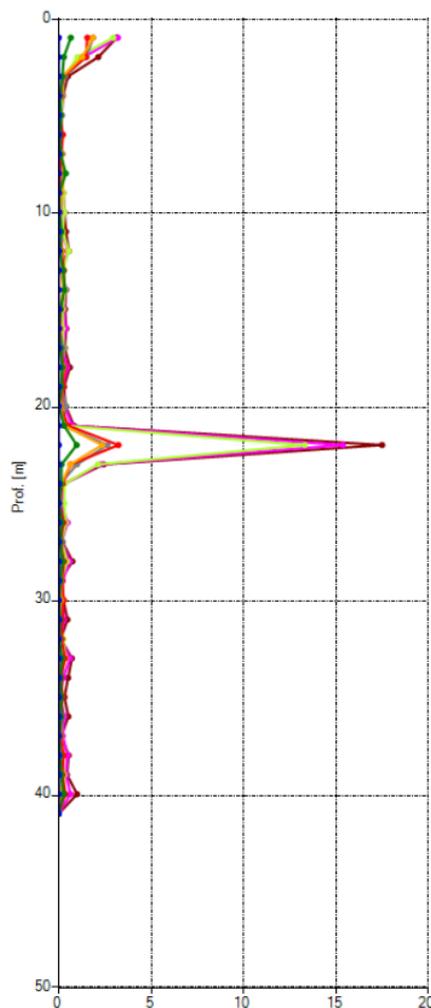
Inclinometri tradizionali

Per due inclinometri tradizionali, G1 e BH03, installati in fase di progetto definitivo nel 2017, si dispone di misure inclinometriche realizzate a partire dal 2017 e aggiornate fino a giugno 2020. A tali inclinometri sono stati integrati più recentemente altri due strumenti, SN-GR-05bis e SN-GR-06ter, ubicati ai margini laterali dell’area di frana (lettura di zero eseguita a dicembre 2019), per i quali tuttavia non è ancora disponibile una serie di misure significativamente estesa.

L’inclinometro G1, posizionato nel settore medio-basso della frana, conferma la tendenza già visibile nelle serie di misure precedenti al 2019, ovvero la presenza di una evidente superficie di movimento localizzata a circa 22 m di profondità, in corrispondenza della quale nel periodo dell’ultima lettura (giugno 2020) si evidenzia uno spostamento locale di circa 17.5 mm rispetto alla precedente lettura di zero (giugno 2019). La direzione di movimento (azimut) è

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A.	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 36 di 64

N35°E, e presenta quindi una buona corrispondenza con la direzione di massima pendenza del versante in frana. Nel primo metro di profondità si evidenziano, nello stesso periodo, movimenti di *creep* dell'ordine di alcuni millimetri.



■ 03/06/2019 15:37:12
■ 01/07/2019 16:06:00
■ 20/08/2019 08:51:07
■ 10/09/2019 09:16:43
■ 08/10/2019 17:36:54
■ 22/01/2020 09:32:07
■ 25/02/2020 08:37:12
■ 09/06/2020 08:38:59

Figura 32. Risultante per punti dell'inclinometro G1 (serie relativa al periodo giugno 2019 - giugno 2020).

L'inclinometro BH3, ubicato nella parte sommitale della frana, nello stesso periodo, mette in evidenza una sostanziale situazione di stabilità, mostrando un fenomeno di *creep* molto evidente solo nel primo metro di profondità, con un'entità massima di circa 30 mm. Tra 15 e 20 m di profondità si osservano deboli deformazioni locali di circa 1-2 mm che non definiscono una superficie di reale movimento ma potrebbero essere legate ad una anomalia di realizzazione dello strumento.

Come detto, invece, gli inclinometri SN-GR-05bis e SN-GR-06ter, per cui attualmente sono disponibili solo due misure (maggio e giugno 2020), non forniscono ancora informazioni significative ai fini dell'evidenziazione di superfici di movimento.

Vertical array

Sono stati analizzati i dati relativi alle quattro verticali di monitoraggio automatizzato, tipo *Vertical Array* costituite da sensori MUMS, installate nei sondaggi SN-01, SN-02, SN-03 ed SN-04 (Figura 33), e le cui caratteristiche sono

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 37 di 64

descritte al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Per questo sistema di monitoraggio, che ha iniziato il suo funzionamento a fine gennaio 2020, il periodo precedente a marzo è stato completamente scartato in quanto erano ancora in atto all'interno dei fori degli assestamenti molto significativi che hanno precluso l'ottenimento di misure affidabili (questo a seguito di un confronto con i fornitori del sistema, ASE Ltd), mentre è stato considerato il periodo compreso tra marzo e giugno. Prima di entrare nel merito delle misure ottenute, va specificato che i dati registrati dai sensori MUMS non sono valori di spostamento così come quelli ottenuti dai tradizionali inclinometri. Infatti, i sensori rilevano attraverso dei giroscopi degli spostamenti angolari. Inoltre, un altro aspetto da considerare è che sulle varie verticali di installazione i singoli sensori MUMS non sono sempre stati posizionati a uguale passo di distanza, bensì sono stati installati con le seguenti interdistanze variabili:

- 0.5 m, fino a 25 m in SN-01, fino a 25 m in SN-02, fino a 15 m in SN-03, fino a 10 m in SN-04;
- 1 m, da 25 m a 30 m in SN-01, da 25 m a 35 m in SN-02, da 15 m a 25 m in SN-03, da 10 m a 15 m in SN-04;
- 2 m, da 30 m a 68 m in SN-01, da 35 m a 79 m in SN-02, da 25 a 79 m in SN-03, da 15 m a 29 m in SN-04.

Trattandosi di misure angolari ottenute da sensori posti a interdistanze variabili, ne consegue che le misure ricavate in maniera automatizzata e leggibili sulla piattaforma fornita da ASE non sono direttamente utilizzabili per ottenere un riscontro in termini assoluti degli spostamenti sulle singole verticali. Pertanto, è stato richiesto ad ASE Ltd di fornire delle misure normalizzate ricalcolando gli spostamenti su interdistanze costanti di 0.5 m sulle varie verticali. Questa operazione ha consentito di ottenere misure all'incirca confrontabili con quelle che si otterrebbero da un inclinometro tradizionale. Questa operazione di normalizzazione è stata svolta sulla serie di dati relativi al periodo tra marzo e maggio 2020 e tra maggio e giugno 2020. Di seguito si commenta quanto emerge da tali dati.

Marzo-maggio 2020. Tra i dati più significativi vi è il *Vertical Array* installato in SN-02, che ha rilevato un movimento a partire da 30 m, di profondità con un cumulo degli spostamenti in aumento progressivo verso l'alto (Figura 33). Si osserva una serie di movimenti differenziali di circa 3-4 mm localizzati tra 30 e 26 m circa di profondità e il cumulo raggiunge valori di ca. 25 mm in superficie. Le caratteristiche evidenziate non metterebbero pertanto in luce una superficie di movimento localizzata, bensì una fascia di mobilitazione che sembrerebbe attiva da 30 m in su. Nello stesso periodo, gli altri *Vertical Array* delineano movimenti cumulati in superficie meno significativi rispetto a SN-02: SN-01 rileva ca. 7 mm, SN-03 rileva ca. 2 mm e SN-04 rileva ca. 5 mm (Figura 33). In tutti i casi va comunque sottolineato il fatto che i movimenti non sembrano essere localizzati lungo delle superfici di scivolamento nette, bensì si configurano delle fasce di movimento, ancorché queste presentino delle caratteristiche controverse come nel caso di SN-03, che mostra spostamenti cumulati relativamente maggiori in profondità rispetto alla porzione più superficiale, che parrebbe quindi retroflettente. Sussistono due caratteristiche che fanno propendere nel considerare i dati relativi a questo periodo come non sufficientemente rappresentativi per poter estrarre delle informazioni affidabili sull'effettiva profondità di superfici di movimento.

- *Direzioni azimutali.* Nel periodo considerato (marzo-maggio 2020), le informazioni azimutali estratte per le fasce di movimento indicate da SN-01 e SN-02 restituiscono un'informazione contrastante con quella che ci si aspetterebbe nel caso di movimenti gravitativi in direzione di massima inclinazione del pendio, che nel caso specifico del versante della Frana di Grottaminarda è pari a ca. N35-50°E. Infatti, nella fascia compresa tra 0 e 30 m in SN-02 e tra 0 e 25 m in SN-01, ovvero nelle fasce di maggior spostamento relativo, le direzioni di movimento variano rispettivamente tra N200-225° e tra N220-240°. In pratica, tali direzioni sono esattamente opposte a quelle attese, quindi in controtendenza rispetto all'inclinazione del pendio. All'opposto, in SN-03 e SN-04 le direzioni azimutali relative alla fascia di massimo spostamento sono all'incirca coerenti con la direzione di massima pendenza.
- *Spostamenti locali in controtendenza.* Come si può osservare dalla Figura 33, nelle fasce dove si osserva il maggior spostamento cumulato, molto spesso si delineano tra un punto e l'altro degli spostamenti in controtendenza, ovvero con sequenze di movimenti in avanzamento-regressione. Da un confronto con il fornitore di dati, è emerso che tale comportamento può essere dovuto ad una specie di "effetto fisarmonica" che si verifica tra i singoli MUMS, che tenderebbero in parte a ripiegarsi in seguito a fenomeni di assestamento verticali.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 38 di 64

Le direzioni di movimento controverse associate alle sequenze di locali movimenti in avanzamento-regressione sembrano pertanto essere imputabili al fatto che i movimenti dei *Vertical Array* registrati nel periodo tra marzo e maggio siano ancora generalmente soggetti ad assestamenti importanti, legati a compattazioni del materiale di riempimento del perforo o del terreno attraversato dalla perforazione. Inoltre, non ravvisando alcun motivo fisico per cui una dinamica gravitativa potrebbe innescare dei movimenti esattamente opposti alla direzione di massima pendenza del versante, quali quelli osservati in SN-01 e SN-02, si assume che le misure ricavate per i *Vertical Array* nel periodo marzo-maggio non possano essere utilizzate in maniera affidabile per definire delle profondità delle superfici di scorrimento associate alla Frana di Grottaminarda.

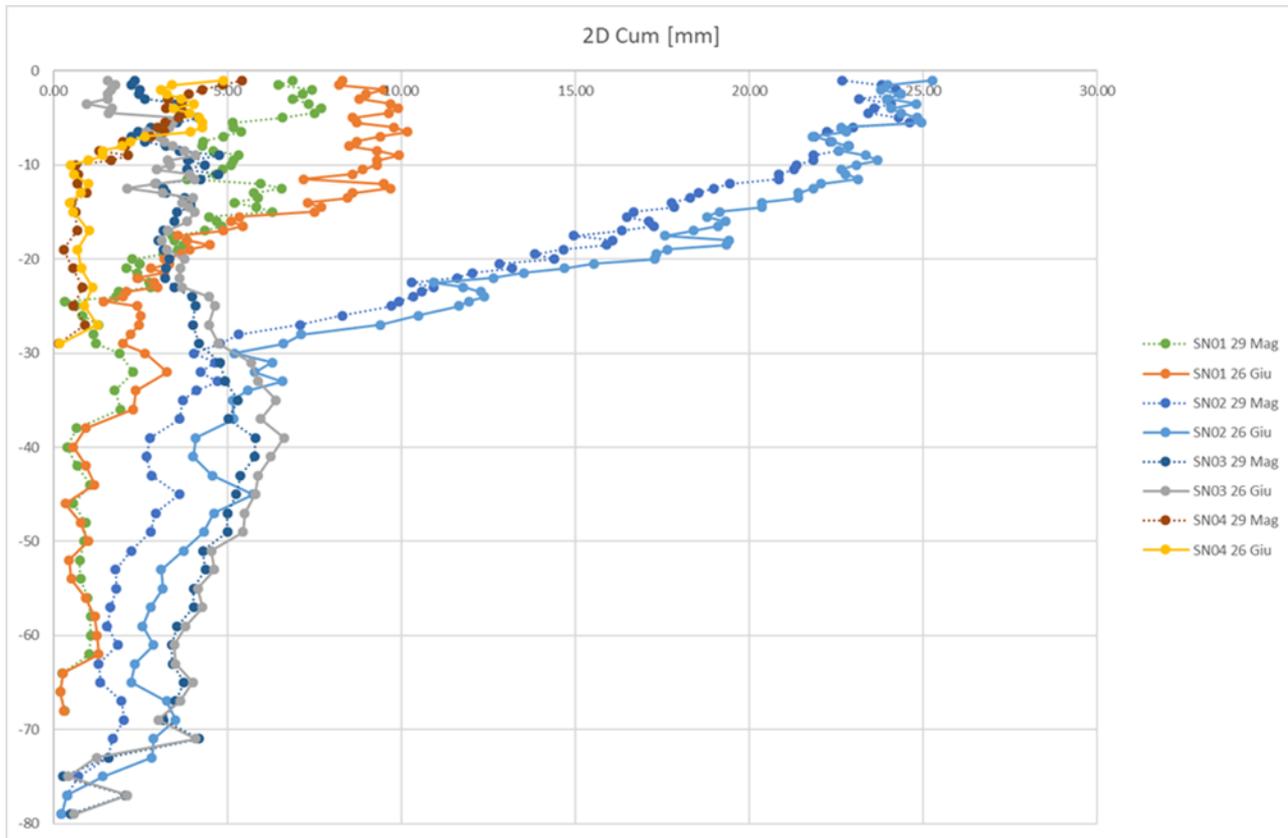


Figura 33. Movimenti cumulati relativi al periodo marzo-maggio 2020. Per riferimento riportato anche il periodo marzo-giugno 2020.

Maggio-giugno 2020. I movimenti cumulati registrati in questo periodo sono mostrati in Figura 34. Rispetto al periodo precedente, si può notare che, pur definendo spostamenti cumulativi relativamente inferiori, la serie di spostamenti che si delinea tra maggio e giugno ha delle caratteristiche relativamente più coerenti. In primo luogo, pur essendo ancora presente “l’effetto fisarmonica” richiamato nella serie precedente, in generale questo pare essere relativamente meno accentuato rispetto a prima (nel confronto tra il grafico di Figura 33 e Figura 34 si tenga conto delle scale diverse sull’asse delle ascisse), con le sequenze in avanzamento che paiono essere più frequenti rispetto a quelle in regressione (ribadendo che queste ultime sono poco giustificabili dal punto di vista fisico per un fenomeno gravitativo). Inoltre, si può osservare che, per quanto riguarda il *Vertical Array* in SN-03, questo mostra più chiaramente una profondità a partire dalla quale si delinea una fascia di movimento, identificabile dall’aumento della cumulata dei movimenti. Per questo periodo SN-01, SN-02 e SN-03 sembrano definire in maniera piuttosto univoca un inizio di movimenti, come si può denotare dal cambio di gradiente in Figura 34, che avviene a partire dai 22 m di profondità. Il *Vertical Array* in SN-04 sembra indicare una zona di movimento a partire da 10 m in su. È interessante notare che sia in SN-01, sia in SN-02, che precedentemente fornivano informazioni di direzione azimutale in controtendenza rispetto al versante, in questo periodo si collocano, ancorché in maniera dispersa e

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>39 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	39 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	39 di 64								

con deviazioni talora significative (N80-130° in SN-01 e 120-180° in SN-02), su direzioni più coerenti rispetto a quella di massima pendenza del corpo di frana.

Come si può osservare dal grafico di Figura 34 vi sarebbero ulteriori indizi di spostamento collocati anche a profondità maggiori di quelle sopra definite. Ad esempio, in SN-02 alle profondità di 27 m e di 45 m, oppure in SN-03 a 35 m, si osservano due segnali di movimento, segnali che tuttavia parrebbero essere circoscritti localmente e che superiormente danno indizi di regressione, a indicare di nuovo la presenza di locali assestamenti. Infatti, se si trattasse di movimenti lungo superfici, i nodi superiori dovrebbero congruentemente fornirne evidenza spostandosi cumulativamente in avanti e non regredendo verso l'alto come invece avviene. Pertanto, questi indizi di spostamento non sono stati considerati per la ricostruzione del modello della frana.

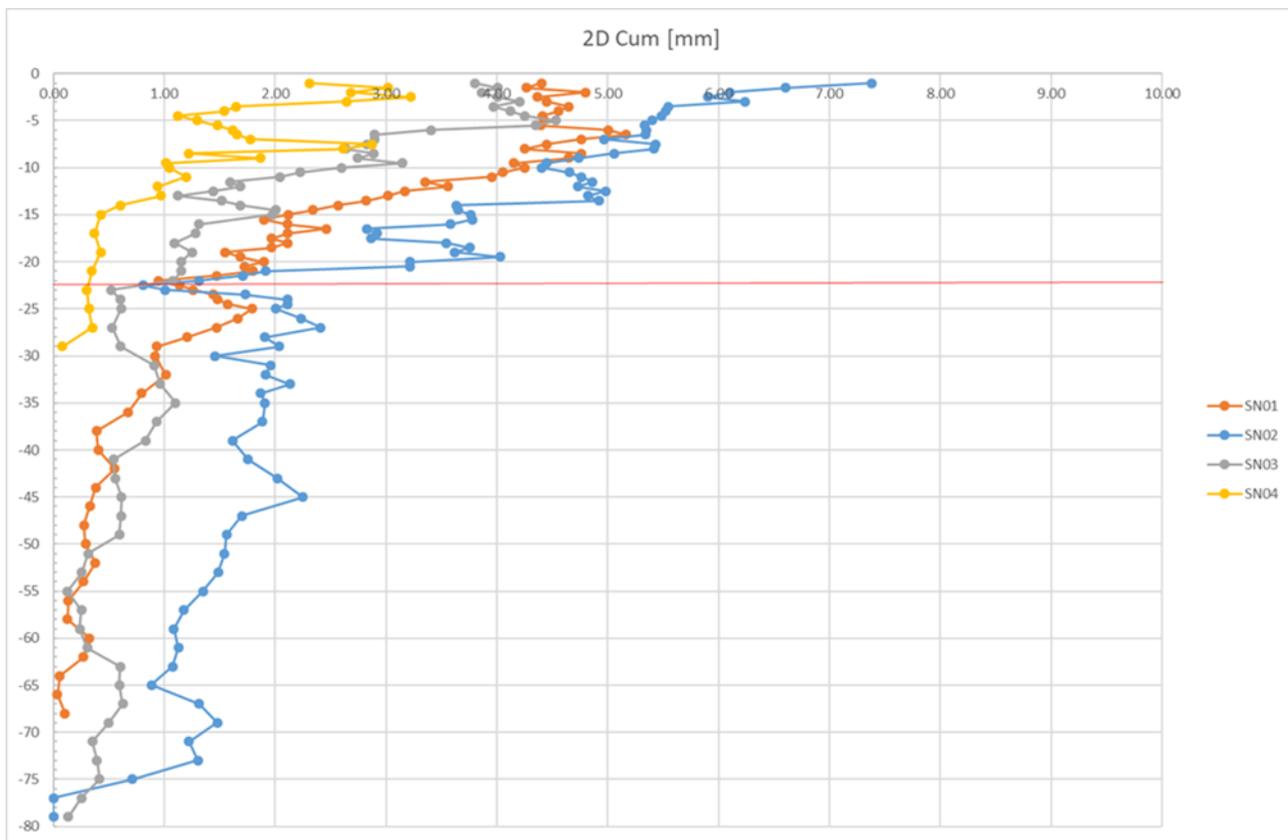


Figura 34. Movimenti cumulati relativi al periodo maggio-giugno 2020.

Per le motivazioni espresse si valuta che, per quanto attiene ai dati inclinometrici, il periodo di monitoraggio compreso tra maggio e giugno 2020, benché temporalmente ristretto, ad oggi rappresenti di fatto quello maggiormente rappresentativo per poter definire la profondità di una zona di scorrimento della frana. Pur ravvisando una non completa stabilizzazione, come evidenziato dalla persistenza, seppure minore, dell'effetto "fisarmonica" precedentemente richiamato e di una non totale congruenza delle direzioni di spostamento del versante, si reputa che le seguenti profondità possano essere utilizzate per tracciare la base della superficie della frana Grottaminarda:

- SN-01, SN-02 e SN-03 - 22 m di profondità
- SN-04 - 10 m di profondità.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 40 di 64

Il dato di profondità di 22 m rilevato da SN-01, SN-02 e SN-03 è identico a quello rilevato dall'inclinometro G1. Per quest'ultimo, peraltro è acclarato che a tale profondità il movimento abbia direzione di 35°, che è pienamente conforme con la direzione di massima pendenza del versante. L'inviluppo dei movimenti alle profondità sopra descritte dà luogo alla rappresentazione del corpo di frana illustrata nella sezione geologica (n.184) rappresentata in Figura 35.

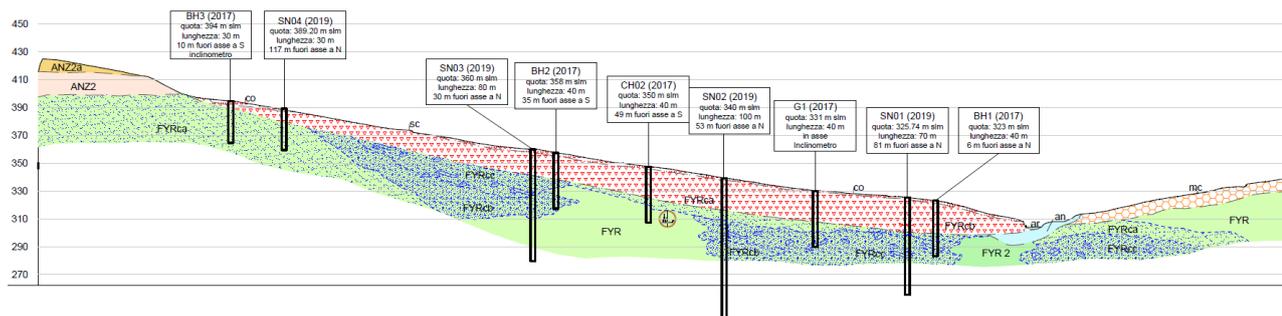


Figura 35. Stralcio non in scala della sezione geologica realizzata sulla zona di frana di Grottaminarda alla pk 4+075 (sezione n. 184).

Interferenze del movimento franoso con l'opera e verifiche future

Il corpo di frana ricostruito e rappresentato in Figura 35 non pare interferire direttamente con la galleria. Infatti, tra la calotta della galleria e la base della frana sussiste un franco pari a ca. 6 m. Tuttavia, un aspetto importante da sottolineare riguarda il fatto che sia, gli inclinometri tradizionali sia i sistemi basati su *Vertical Array*, necessitano di tempistiche piuttosto lunghe, dell'ordine di diversi mesi, prima che gli effetti di assestamento siano completamente superati e che quindi le misure siano rappresentative dei processi gravitativi di versante in corso. Attualmente, si può affermare che solo l'inclinometro G1, installato nel 2017, stia fornendo delle misure di movimento inequivocabili, mentre per gli altri sensori MUMS, installati a inizio 2020, sussistono ancora probabili assestamenti. Pertanto, risulta chiaro come sia più che mai opportuno proseguire senza interruzioni con il monitoraggio sia degli inclinometri sia dei *Vertical Array*, per verificare che il modello della frana qui ricostruito risulti verificato anche successivamente e preliminarmente all'inizio della fase costruttiva.

Tratta da pk 4+250 all'imbocco lato Napoli

Dalla pk 4+250 fino all'imbocco lato Napoli della galleria Grottaminarda il tracciato interessa un settore dominato dalla tettonica fragile e fragile-duttile. Dal punto di vista geomorfologico, le forme che modellano il versante sono interpretabili come forme relitte imputabili alla rielaborazione di antiche forme fluviali, relative a periodi in cui il fondovalle era localizzato a quote più elevate e quindi antecedenti all'approfondimento che ha condotto alla sua attuale posizione. L'elemento più caratteristico è rappresentato da una dorsale rocciosa con morfologia piuttosto dolce, costituita in prevalenza dal membro calcareo della Formazione del Flysch Rosso (FYR2) allungata in direzione NNW-SSE e bordata da faglie ad alto angolo. Ai piedi della dorsale si osservano dei pendii a bassa pendenza che derivano probabilmente dal modellamento per azione di ruscellamento di antiche superfici di origine fluviale, come testimonia anche la presenza di una scarpata di terrazzo alluvionale a sud del tracciato.

In questo settore sono presenti gli inclinometri G2 (2017) e SN-GR-06ter (2019); il monitoraggio è ancora in corso al momento della stesura della relazione; al momento non si possono ipotizzare dei movimenti associabili a una dinamica di versante.

Non si riscontrano particolari criticità geomorfologiche legate allo scavo della galleria.

2.3.3 Imbocco Galleria Grottaminarda lato Napoli, pk 4+697

L'imbocco della Galleria Grottaminarda lato NA è contraddistinto da un assetto geologico-strutturale articolato ricostruibile dal confronto tra i dati di rilevamento ed i sondaggi geognostici realizzati in questo settore.

L'imbocco è ubicato in sinistra idrografica del Fiume Ufita alle pendici di una dorsale rocciosa modellata nel membro calcareo del Flysch Rosso (FYR2). Si tratta della medesima dorsale descritta nel precedente paragrafo. Questa dorsale. Come detto in precedenza è verosimilmente una forma relitta legata al rimodellamento di antiche

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">GN0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">41 di 64</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	41 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	41 di 64													
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali																		

forme di origine fluviale. Tuttavia sul suo fianco in cui si inserisce l'imbocco essa è anche rimodellata da parte di fenomeni gravitativi. Essa è infatti interpretabile come un elemento geomorfologico che fa parte della nicchia di distacco di un esteso corpo di frana che verrà descritto meglio nel paragrafo successivo. Tale nicchia di distacco si sviluppa più precisamente fra la suddetta dorsale e l'abitato di Incoronata.

La parte alta del fronte di imbocco della galleria naturale (pk 4+697) è impostato nei depositi di frana stabilizzata (scivolamento rotazionale/traslattivo) che si estende a valle fino al F. Ufita (si veda paragrafo successivo), mentre la parte bassa interessa varie formazioni del substrato pre-quadernario.

Nella porzione di nicchia di frana a monte dell'imbocco della galleria, costituita dalla suddetta dorsale, non vi sono evidenze di attività in corso. La scarpata risulta alta una ventina di metri con pendenza medio-alta; appare decisamente rimodellata, inerbita e/o vegetata e non sono stati osservati indizi di instabilità attiva.

Interferenze elementi geomorfologici / opera

Come si è detto, parte dell'imbocco si imposta nel corpo d'accumulo di una frana stabilizzata che verrà descritta al successivo paragrafo. Dal punto di vista delle interazioni tra scavo e frana, non si ravvisano particolari criticità. I depositi di frana sono caratterizzati da un basso angolo di riposo e appaiono stabilizzati. La dorsale al piede della quale si innesta l'imbocco della galleria e che costituisce parte della nicchia di distacco del fenomeno franoso non mostra indizi di significativa attività di modellamento e di instabilità, pertanto non si ravvisano problematiche particolari per l'opera, né esigenze di interventi particolari, fatte salve le opportune misure per evitare l'innescare di fenomeni di erosione superficiale e di piccoli fenomeni gravitativi di modesto spessore.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 42 di 64

2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Nel seguito si riporta un inquadramento delle caratteristiche idrogeologiche principali per il cui dettaglio ed approfondimento si rimanda alla relazione idrogeologica di progetto (elaborato IF28.0.1.E.ZZ.RG.GE.01.0.2.001A).

COMPLESSI IDROGEOLOGICI

L'area di studio è stata suddivisa in diversi complessi idrogeologici a grado di permeabilità differente, distinguendo poi negli ammassi rocciosi e terreni attraversati dalle opere settori con comportamento idrogeologico omogeneo. I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti. La classificazione dei complessi è basata sia su una rianalisi critica dei test di permeabilità eseguiti nei sondaggi realizzati nell'ambito del Progetto Definito e del Progetto Preliminare, sia sull'analisi dei nuovi test realizzati durante la campagna di indagini del progetto Esecutivo.

In generale sono stati distinti complessi permeabili per porosità e complessi permeabili per fratturazione. I primi sono essenzialmente i complessi costituiti da depositi sciolti superficiali (depositi quaternari) dove, essendo assenti fenomeni di cementazione o di metamorfismo, è presente una porosità primaria significativa. I secondi sono i complessi sviluppati in litotipi del substrato pre-quaternario, che essendo caratterizzati da fenomeni di consolidamento e/o cementazione possiedono una permeabilità primaria per porosità non significativa e comunque di numerosi ordini di grandezza inferiore rispetto alla permeabilità per fratturazione e/o fenomeni di dissoluzione chimica (carsismo s.l.).

L'attribuzione del grado di permeabilità ad ogni complesso idrogeologico attraversato dal tracciato di progetto è basata sui dati di permeabilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non sono disponibili valori misurati o quando i dati disponibili non garantiscono adeguate affidabilità e rappresentatività statistica, la stima della permeabilità è stata basata su un'analisi critica dei dati geologici di terreno e sull'analogia con formazioni con caratteristiche idrodinamiche simili. Durante le fasi di rilevamento di terreno è stata prestata particolare attenzione alla descrizione dello stato di fratturazione e del grado di cementazione.

Va altresì specificato che i valori di conducibilità idraulica forniti si riferiscono ad una scala decametrica o pluri-decametrica, significativa per la dimensione delle opere in progetto. A piccola scala (metrica o pluri-metrica), come già ricordato in precedenza, potrebbero essere incontrati valori anche più elevati di quelli indicati nel presente rapporto e negli elaborati correlati, dal momento che a tale scala la permeabilità potrebbe essere governata dalle caratteristiche idrauliche di singole fratture. Questi elementi tuttavia spesso risultano poco interconnessi a scala maggiore, risultando ininfluenti per considerazioni idrogeologiche a scala medio-grande quale quella di interesse per il presente lavoro.

CLASSIFICAZIONE DEI COMPLESSI

Complessi dei terreni di copertura

Complesso argilloso-limoso (CAL)

Unità interessate:

- ec – depositi eluvio-colluviali
- dc – depositi detritico-colluviali
- frane – depositi franosi derivanti da terreni argilloso-marnosi e in cui sono ricompresi fenomeni gravitativi quali i colamenti (co), gli scivolamenti rotazionali-traslativi (sc), i crolli (cr), i movimenti complessi (mc) e i soliflussi (sl)

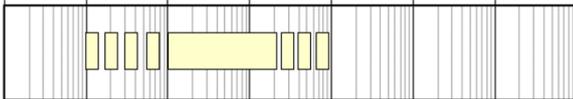
È costituito da argille limose e argille sabbiose a struttura caotica o indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; localmente si rinvengono passaggi di sabbie argillose e limi argilloso-sabbiosi a struttura caotica o indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	<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>GN0100 001</td> <td>B</td> <td>43 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	43 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	43 di 64								

I depositi appartenenti a questo complesso costituiscono acquicludi e acquitardi porosi e di scarsa trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa.

Intervallo di permeabilità del complesso [m/s]

1.E-10 1.E-09 1.E-08 1.E-07 1.E-06 1.E-05 1.E-04 1.E-03



Complesso sabbioso-limoso (CSL)

Unità interessate:

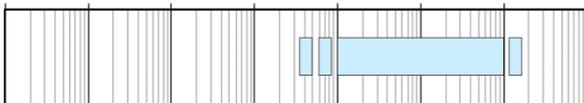
- SFL4 – subsistema del Fiume Ufita
- SFL3 – subsistema di Benevento
- an - depositi alluvionali antichi

È costituito da sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; localmente si rinvencono lenti e/o livelli di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso da scarsa ad abbondante.

I depositi appartenenti a questo complesso costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media.

Intervallo di permeabilità del complesso [m/s]

1.E-10 1.E-09 1.E-08 1.E-07 1.E-06 1.E-05 1.E-04 1.E-03



Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS)

Unità interessate:

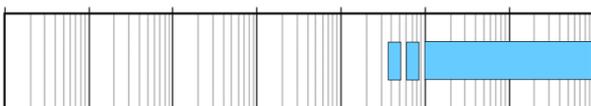
- ar - depositi alluvionali recenti
- at – depositi di origine antropica

È costituito da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso da scarsa ad abbondante; localmente si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate; talora sono presenti paleosuoli e livelli limoso-argillosi.

I depositi appartenenti a questo complesso costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta.

Intervallo di permeabilità del complesso [m/s]

1.E-10 1.E-09 1.E-08 1.E-07 1.E-06 1.E-05 1.E-04 1.E-03



Complessi delle unità del substrato

Complesso argilloso-marnoso (CAM)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 44 di 64

Unità interessate:

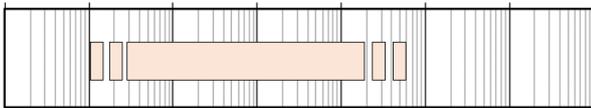
- FYR - Unità a dominante argilloso-marnosa del Flysch Rosso
- FYRcaot – Depositi caotici del Flysch Rosso (FYRca: Litofacies argilloso-marnosa; FYRcb: Litofacies argilloso-marnosa ad elementi ruditici; FYRcc: Litofacies ruditica a matrice argilloso marnosa)
- ANZma - Argille marnose della Molasse di Anzano (Formazione di Altavilla)
- BNA2 – Litofacies pelitica della Formazione della Baronia
- BNA3a – Interstrati limoso-argillosi contenuti nelle arenarie del Membro di Apollosa (BNA3) della Formazione della Baronia

È costituito da argille, argille siltose, argille limoso-marnose e argille marnose a struttura scagliosa o indistinta, talora stratificata, con intercalazioni di sottili livelli di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e livelli di calcareniti e litareniti quarzose. Sono comprese le diverse litofacies dei depositi caotici nei quali, a prescindere dalla percentuale relativa di blocchi e matrice, la componente pelitica risulta sempre quella relativamente maggiore.

Costituiscono acquicludi e acquitardi porosi e di scarsa trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde scarsamente alimentate o con assenza di alimentazione contenute nei livelli sabbioso-arenacei. Costituiscono degli elementi tamponanti per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente.

Intervallo di permeabilità del complesso [m/s]

1.E-10 1.E-09 1.E-08 1.E-07 1.E-06 1.E-05 1.E-04 1.E-03



2.5 PRINCIPALI ELEMENTI DI NOVITÀ RISPETTO AL PROGETTO DEFINITIVO

Gli approfondimenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici si basano sugli studi, rilievi e indagini realizzati in fase di Progettazione Definitiva (2017), denominato di seguito PD, integrati con rilievi di terreno, analisi fotointerpretativa ed analisi dei risultati della campagna geognostica integrativa di Progetto Esecutivo (PE).

Si elencano di seguito i principali elementi di novità a livello geologico, geomorfologico e idrogeologico del PE rispetto al PD. Per tutte le implicazioni che tali variazioni assumono rispetto all'opera in progetto si rimanda ai paragrafi specifici contenuti nel capitolo in cui è descritto il modello geologico e geomorfologico in asse al tracciato.

2.5.1 Geologia

Le differenze più sostanziali riguardano una diversa caratterizzazione litostratigrafica di alcune unità. In generale sono stati ridefiniti spazialmente alcuni limiti geologici sulla base delle nuove indagini geognostiche e di terreno.

- **Flysch Rosso**

Nel Progetto Definitivo, questa unità è stata distinta in “Flysch Rosso (FYR)” e in “Flysch Rosso - membro calcareo” (FYR2). In sede di PD, All'interno del FYR è stata distinta una litofacies calcareo clastica in strati medi e spessi denominata FYRa. Il FYR e il FYR2 sono stati descritti in rapporto di eteropia. La descrizione fornita nel PD è congruente con quella riportata nel foglio CARG – Ariano Irpino.

Nel Progetto Esecutivo, l'analisi dettagliata delle litofacies campionate da numerosi sondaggi all'interno del Flysch Rosso ha permesso il riconoscimento di un membro riferibile a un caotico in termini geologici, o a un “bimrock” (block-in-matrix rock; Medley, 1994) in termini geomeccanici. L'introduzione di questa sotto-unità nei profili geologici di linea e delle finestre ha infatti una valenza sia dal punto di vista della corretta collocazione paleostratigrafica di tali terreni, sia dal punto di vista di un'adeguata caratterizzazione ingegneristica funzionale alla

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 45 di 64

parametrizzazione geotecnica dell'ammasso. All'interno del membro caotico si è effettuata un'ulteriore suddivisione di litofacies, in funzione dei diversi rapporti esistenti tra blocchi/clasti e matrice nei diversi settori del tracciato. Pertanto, si sono riconosciute un FYRca (blocchi/clasti < 10%, matrice > 90%), un FYRcb (blocchi/clasti ~ 20%, matrice ~ 80%) e un FYRcc (blocchi/clasti ~ 40%, matrice ~ 60%).

Va comunque specificato che, coerentemente con il Progetto Definitivo, nel Progetto Esecutivo sono stati osservati e rappresentati su carte e profili geologici il membro argilloso-marnoso FYR e il membro calcareo FYR2.

- **Molasse di Anzano**

Nella cartografia di Progetto Definitivo le Molasse di Anzano sono state suddivise nel Membro del Vallone di Fassa (ANZ1), prevalentemente arenaceo – conglomeratico e nel Membro di Flumeri (ANZ2), prevalentemente arenaceo – pelitico e costituito da arenarie quarzose – feldspatiche di colore giallo bruno e siltiti ed argille marnose. Al suo interno, prevalentemente nella parte alta, sono state riconosciute successioni messiniane post – evaporitiche comprendenti calcari micritici, calcareniti, areniti ibride, argille marnose – siltose, alternanze arenaceo – siltose ed argille marnose con clasti di gesso, definite come ANZ2a.

Nel Progetto Esecutivo, sulla base delle risultanze della campagna geognostica integrativa il Membro di Flumeri è stato suddiviso, su base litologica, in due litofacies (ANZ2ar e ANZ2ma), i cui rapporti stratigrafici sono complessi e non sempre determinabili con certezza.

La litofacies ANZ2ar è costituita da arenarie silicoclastiche giallastre da poco a mediamente cementate e sabbie siltose in strati di potenza metrica alternate a siltiti e marne grigie; alternanze regolati di arenarie e marne più o meno calcaree.

La litofacies ANZ2ma è costituita prevalentemente da argille siltose e marnose grigie con subordinate marne più o meno litoidi.

Quest'ultima, in accordo con quanto riportato in PD, è stata osservata prevalentemente nelle carote di sondaggio nella tratta all'aperto Isca Girasole.

2.5.2 Geomorfologia

Dal punto di vista geomorfologico le principali variazioni, riguardano alcune modifiche relative al tipo di movimento e attività dei fenomeni franosi e l'introduzione di diverse faglie presunte basate su evidenze geomorfologiche.

In particolare, le novità più sostanziali, lungo il tracciato sono le seguenti.

- Geometria del corpo di frana Grottaminarda, con sensibile approfondimento della superficie di scivolamento rispetto al quadro di previsione del Progetto Definitivo. Tale aggiornamento deriva dalle più recenti elaborazioni dei dati restituiti dal sistema di monitoraggio installato nelle fasi precedenti e nella corrente fase di PE (vertical arrays). Il quadro previsionale attuale potrà subire ulteriori aggiornamenti in funzione del quadro evolutivo dei movimenti che sarà restituito dagli strumenti nel prosieguo dell'attività di monitoraggio.
- Imbocco lato Napoli della galleria Grottaminarda e viadotto VI02: in questo settore il PD individuava un corpo di frana stabilizzato non interferente con il tracciato dell'opera. Rispetto a quanto riportato negli elaborati di PD il corpo di frana risulta maggiormente esteso andando ad interessare una parte del tracciato (l'imbocco galleria e viadotto). E' emerso che nel corpo di frana sono presenti blocchi di dimensioni fino a decametriche, da tenere in considerazione nella progettazione dell'opera in esterno.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 46 di 64

3 GEOTECNICA – GEOMECCANICA

3.1 APPROCCIO METODOLOGICO DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-GEOMECCANICA DEL FLYSCH ROSSO

Le principali risultanze della caratterizzazione geotecnica-geomeccanica delle formazioni interagenti con le opere in progetto, elaborata nell'ambito del Progetto Definitivo sono state integrate e sviluppate sulla base degli approfondimenti di indagine previsti con la Campagna Geognostica integrativa del Progetto Esecutivo. Quest'ultima ha consentito 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.

In particolare, l'insieme di indagini in situ e prove di laboratorio previsto in sede di PE ha fornito più validi elementi conoscitivi per la conseguente attività di caratterizzazione fisico-meccanica del Flysch Rosso. Questa è stata condotta secondo i più recenti approcci scientifici nell'ambito dell'attività di consulenza specialistica fornita dal Prof. Gianfranco Urciuoli (Docente dei corsi di Fondamenti di Geotecnica e Stabilità dei Pendii e Sicurezza del Territorio presso l'Università di Napoli Federico II).

La modellazione del comportamento fisico-meccanico del Flysch è stata basata, in particolare, sull'applicazione di teorie e approcci procedurali scaturiti da esperienze direttamente maturate in tali terreni, basate su:

- modellazione del comportamento fisico-meccanico dei terreni coinvolti tramite caratterizzazione strutturale relativa al volume rappresentativo (classificazione e schemi strutturali di ESU -1977 – per le formazioni strutturalmente complesse);
- caratterizzazione della resistenza allo stato critico su base sperimentale con verifica rispetto alle correlazioni empiriche di letteratura;
- approfondimento di studio sugli aspetti di mutua interazione componente lapidea e pelitica nei riguardi del comportamento meccanico ed idraulico;
- caratterizzazione idro-chemo-meccanica dei terreni in campo statico.

La presenza all'interno dell'ammasso di una componente lapidea variamente disposta (in strati o elementi isolati) e di una matrice argillosa che si alterna alla roccia, oppure in talune circostanze è continua e ingloba gli elementi lapidei, rende molto complessa la caratterizzazione alla scala dell'ammasso. Fra i terreni a struttura complessa dell'Appennino meridionale, il Flysch Rosso è quello che merita la maggiore attenzione sotto il profilo ingegneristico, per l'elevata tettonizzazione a cui è stato sottoposto nella sua storia geologica e per l'elevata plasticità della matrice pelitica che quindi presenta basse resistenze e rigidità e spiccata suscettibilità al rigonfiamento.

Date queste premesse, lo studio geologico-tecnico e geotecnico condotto ha dovuto affrontare i problemi di cui si è scritto. In primo luogo, è stato condotto un attento esame in situ delle cassette dei sondaggi per individuare le componenti litologiche delle formazioni, l'orditura degli strati di roccia, la natura della componente pelitica. Inoltre, dalle risultanze delle perforazioni teleguidate è stato possibile individuare i contatti fra le formazioni e fra le facies.

Quindi per ogni facies individuata nella prima parte della relazione sono stati descritti la natura della componente lapidea e di quella pelitica ed il rapporto volumetrico dell'una e dell'altra rispetto all'ammasso.

La sperimentazione è stata eseguita presso il laboratorio geotecnico dell'Università degli Studi di Napoli Federico (campagna 1) sui campioni argillosi delle matrici pelitiche individuate presso il laboratorio geotecnico dell'Università degli Studi di Potenza (campagna 2) e della campagna sperimentale del progetto definitivo (campagna 3).

La resistenza meccanica è stata determinata rappresentando nello stesso piano di Mohr i risultati delle prove di taglio diretto e delle prove di compressione triassiale, per ogni tipo di matrice individuata. E' stata tracciata una retta di regressione dei dati sperimentali; sono stati così determinati la coesione intercetta e l'angolo di attrito. Il modulo di deformabilità è stato determinato a partire dalle prove di torsione che hanno consentito di determinare

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 47 di 64

prima il modulo di taglio iniziale G0 e poi quello operativo; da tale modulo si è passati alla stima di E attraverso le relazioni elastiche che legano i due parametri.

Successivamente è stata caratterizzata la componente lapidea alla scala dell'ammasso, sulla base della natura della roccia e del suo grado di fratturazione espresso attraverso l'indice RMR di Bieniawski.

Per quanto riguarda l'ammasso, si è fatto riferimento alla resistenza della matrice, il cui angolo di attrito è stato incrementato per tenere conto della presenza della componente lapidea, quando questa in volume supera l'aliquota del 25%.

Per il modulo di deformabilità dell'ammasso si è fatto riferimento ad un modello di composizione dei litotipi. La formulazione proposta per la determinazione del modulo elastico equivalente in direzione degli strati (Eh) ed in direzione ortogonale ad essi (Ev) è funzione delle caratteristiche elastiche della matrice pelitica e della roccia, nonché della percentuale volumetrica della porzione lapidea rispetto alla matrice. Si tratterebbe in questo caso di un modello elastico anisotropo che avrebbe validità se gli strati rocciosi fossero continui. In mancanza di continuità è lecito far riferimento al mezzo elastico lineare omogeneo ed isotropo, il cui modulo di deformabilità è il minore dei due, cioè Ev.

Il Flysch Rosso è un deposito calcareo-pelitico di colore rossastro ascrivibile al Cretacico superiore-Paleogene, presente in sito con potenze di 300-500 m, in cui si riconoscono almeno due facies: quella inferiore costituita da un'alternanza di calcari torbiditici e marne rosse o verdastre e quella superiore con netta prevalenza pelitica. I termini pelitici sono presenti in vari livelli.

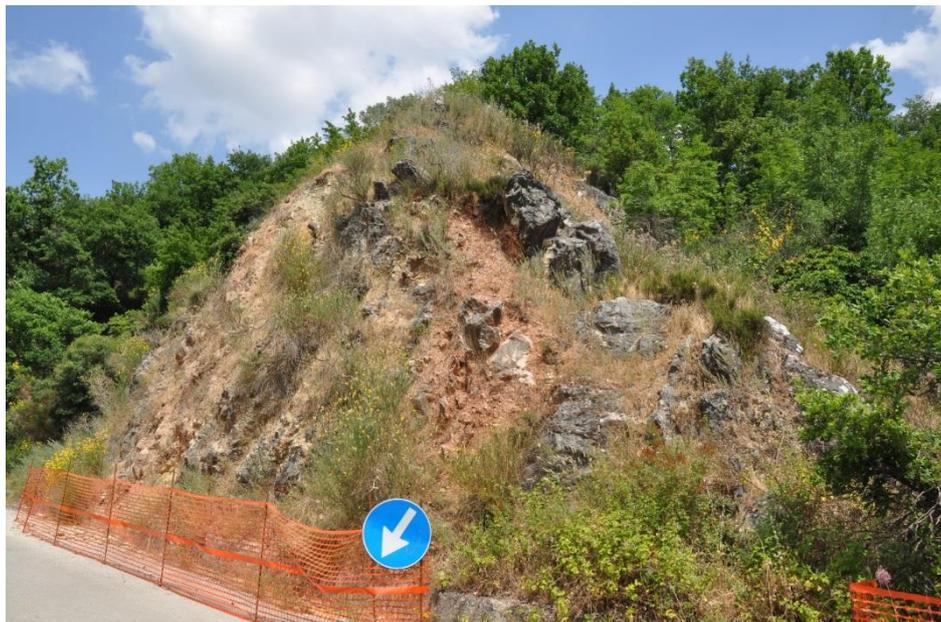


Figura 3.1. Flysch Rosso

Il Flysch Rosso, così come una rilevante parte dei terreni attraversati dal tracciato ferroviario ed in particolare dalla galleria Grottaminarda tra le Pk 2+705 e Pk 4+715 e dalla galleria Melito tra le Pk 5+080 e Pk 7+145, è un terreno a struttura complessa, ossia un terreno contenente particolarità di vario genere (definite appunto strutture) che conferiscono all'ammasso caratteri di disomogeneità ed anisotropia, più specificamente individuabili come corpi solidi (frammenti argillosi o lapidei, lenti sabbiose,...) o discontinuità (fessure, superfici di taglio,...).

I terreni a struttura complessa, per definizione, contengono strutture in misura tale da condizionare il comportamento meccanico dell'ammasso, che di conseguenza non è agevolmente interpretabile sulla base dei modelli comunemente utilizzati in Geotecnica di mezzo continuo deformabile e mezzo rigido discontinuo.

La parte pelitica del Flysch Rosso, se soggetta a meccanismi di detensionamento, si ammorbidisce con conseguente decadimento delle proprietà meccaniche (resistenza, deformabilità, compressibilità). Per effetto dell'assorbimento di acqua, il materiale comincia a rammollire in prossimità delle fessure; da qui il fenomeno

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 48 di 64

progredisce fino a poter trasformare il terreno in un materiale di bassa consistenza 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).

Con questa breve introduzione si è inteso mettere in evidenza i caratteri particolari del Flysch Rosso che fanno di questo terreno un materiale complesso e non modellabile in maniera convenzionale: in particolare si deve tener conto dell'interazione meccanica fra componente lapidea e componente pelitica e del comportamento viscoso della componente pelitica.

3.2 ASPETTI GENERALI DEL COMPORTAMENTO MECCANICO DEL FLYSCH ROSSO

Ammasso

Nel Flysch Rosso, oltre che una caratterizzazione di natura litologica (peraltro già deducibile in buona misura dalle indagini a corredo del progetto definitivo), è stato necessario sviluppare una caratterizzazione strutturale relativa all'ammasso.

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali si è fatto riferimento alla classificazione di ESU (1977), relativa alle formazioni strutturalmente complesse, secondo cui il Flysch Rosso appartiene al gruppo B, cioè a quello dei materiali litologicamente eterogenei, costituiti da elementi rocciosi e da argille, assemblati secondo una delle seguenti configurazioni:

- B1, sequenze ordinate di strati di roccia ed argille ed argilliti, più o meno giuntati e fessurati;
- B2, insieme caotico di strati lapidei disarticolati ed argille da intensamente fessurate e giuntate a scagliettate;
- B3, argille e argilliti scagliettate per effetto di intense e ripetute sollecitazioni di taglio di tipo tettonico inglobanti elementi lapidei.

Nel primo caso (B1) gli strati lapidei sono continui per distanze significative anche rispetto ai problemi al finito (decine o centinaia di metri), sono disposti secondo una o più famiglie sub-parallele e ad interassi variabili dalle decine di centimetri ai metri. A causa delle vicende tettoniche subite, gli strati possono presentarsi curvi, piegati o con direzioni diverse all'interno della stessa formazione; inoltre anche lo spessore, la spaziatura ed il grado di fratturazione di tali strati possono essere sensibilmente variabili.

Per effetto della loro continuità e frequenza gli strati lapidei, a seconda della loro orientazione nel problema al finito, regolano in maniera più o meno preponderante la resistenza e la deformabilità dell'ammasso. Le deformazioni si concentrano all'interno della matrice pelitica; in casi particolari la configurazione dei litotipi è tale da consentire (nei problemi di collasso) alla superficie di rottura di svilupparsi interamente negli strati argillosi, mobilitando la resistenza disponibile di questi ultimi. Per tale motivo piuttosto che schematizzare il terreno come stratificato, secondo la sua reale litologia, è preferibile adottare il modello di mezzo continuo equivalente, la cui resistenza dipende da quella delle componenti lapidea ed argillosa e dalla direzione delle sollecitazioni rispetto all'orbita degli strati.

I flysch caoticizzati (B2) rispetto a quelli a struttura ordinata hanno subito sollecitazioni tettoniche più intense; quindi si presentano con gli strati lapidei disarticolati, continui per lunghezze modeste (alcuni metri) e diretti secondo direzioni variabili, in quanto spostati dalla loro posizione originale. Anche la matrice argillosa o argillitica si presenta intensamente fessurata o addirittura scagliettata per la sua tormentata storia geologica.

In questi terreni, essendo minore la continuità degli strati lapidei, è più alta la probabilità che le superfici di rottura si sviluppino negli strati argillosi e che questi regolino il comportamento dell'intero ammasso. D'altro canto, non essendo più riconoscibili direzioni di prevalente orientazione degli strati lapidei il mezzo nella sua globalità deve essere considerato isotropo.

Il flysch è fortemente caoticizzato (B3) quando ha subito una storia tettonica estremamente gravosa, che ha prodotto il completo smantellamento degli strati lapidei, trasformati in insiemi di blocchi e pezzame lapideo di varie

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 49 di 64

dimensioni. In questo caso la componente lapidea è del tutto influente sulla resistenza meccanica dell'ammasso se non presente in maniera rilevante (> 25%).

Anche la permeabilità in grande dell'ammasso risente in maniera significativa della presenza degli strati lapidei che in genere sono fortemente fratturati e, se continui, costituiscono percorsi preferenziali di circolazione dell'acqua, così come le stesse fessure della matrice pelitica (queste ultime con un ruolo meccanico minore).

Nella seguente figura sono rappresentati gli schemi strutturali di ESU (1977) che devono essere intesi come cubi di dimensioni 5 x 5 m o 10 x 10 m, affinché al loro interno siano rappresentate tutte le strutture della formazione. La finalità dello studio proposto da questo raggruppamento è modellare il comportamento idro-meccanico di questi cubi ed assumerlo valido per l'intero ammasso.

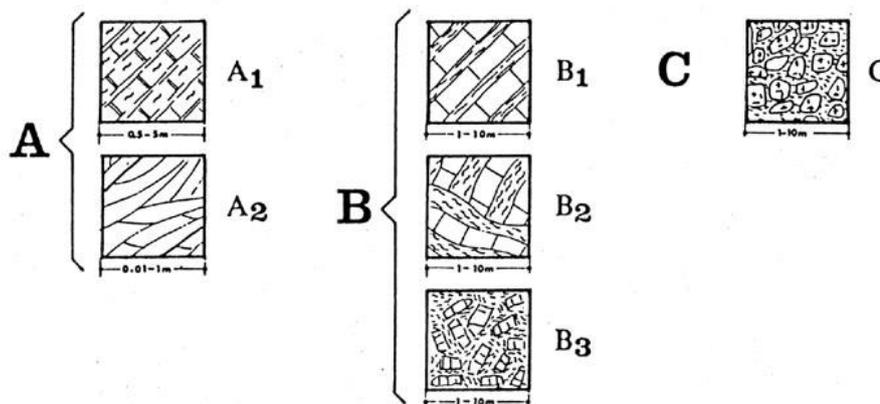


Figura 3.2. Terreni strutturalmente complessi. Dimensioni del volume in cui sono rappresentate le strutture.

Nella seguente figura è riportato uno schema delle possibili disposizioni della sezione della galleria rispetto alla componente lapidea dei terreni circostanti, in dipendenza della configurazione degli strati. I problemi di scavo e l'interazione fra rivestimento e terreno variano in dipendenza delle configurazioni rappresentate e dell'orientazione degli strati.

Questi flysch si presentano quasi sempre ammorbiditi nella parte più prossima al piano campagna. La matrice diventa meno consistente e le discontinuità tendono progressivamente ad obliterarsi. L'ammorbidimento è spesso provocato dall'infiltrazione di acqua piovana che dilava gli ioni salini dell'acqua di porosità (la cui origine è marina) e provoca fenomeni di alterazione di natura essenzialmente chimica, che interessano uno spessore di alcuni metri ed eccezionalmente della decina di metri, a partire dal piano campagna. Al fenomeno chimico descritto si possono sovrapporre fenomeni meccanici dovuti alla dislocazione e decompressione dei terreni, il cui effetto fenomenologico consiste in una apparente perdita di sovraconsolidazione.

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 50 di 64

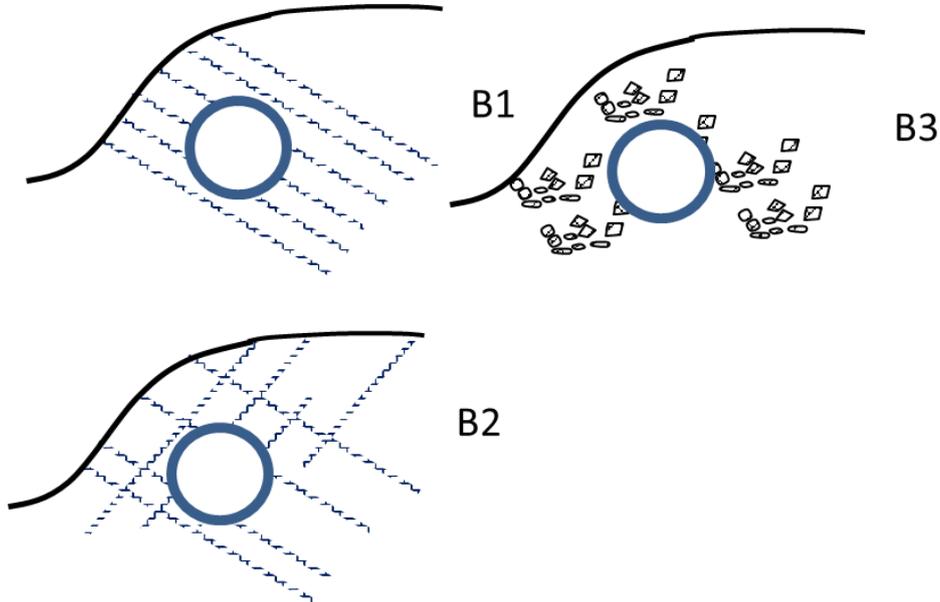


Figura 3.3. Schemi della galleria e dei terreni circostanti

Nei corpi di frana (scorrimenti e colate di terra) l'ammorbidimento della matrice argillosa può essere significativo.

Elemento di volume

Quando gli stress tettonici sono stati particolarmente intensi, la fatturazione raggiunge livelli molto elevati e la componente argillosa si presenta suddivisa in scaglie. Le argille a scaglie del Flysch Rosso sono costituite da un fitto aggregato di lamine millimetriche (scaglie) estremamente consistenti e di solito ben serrate fra di loro

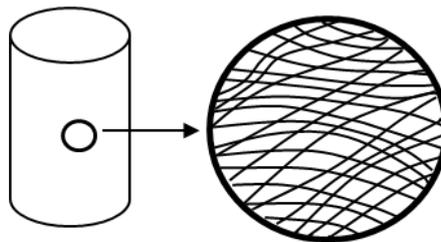


Figura 3.4. Struttura della componente pelitica del Flysch Rosso (argille e scaglie)

Le discontinuità fra le scaglie costituiscono un sistema che conferisce debolezza al materiale, ma che si attiva solo per valori del deviatore maggiori della resistenza residua. Per valori minori il terreno è molto rigido, in quanto le deformazioni interessano la matrice; successivamente iniziano gli scorrimenti fra le scaglie che imprimono al mezzo una spiccata e repentina deformabilità, a cui segue una rottura duttile, senza dilatanza. Ciò è in contrasto con l'elevata consistenza e la sovraconsolidazione del materiale e dipende dal fatto che le deformazioni che producono la rottura sono dovute allo scorrimento fra le scaglie e non alle variazioni di volume della matrice. Durante la rottura si sviluppa una superficie che raccorda le discontinuità esistenti, lungo la quale le due parti del provino si muovono in modo relativo. A causa di questo meccanismo, benché la matrice costituente le scaglie sia fortemente consistente e sovraconsolidata, il provino presenta un comportamento duttile e contraente, perché la deformazione misurata al contorno non è dovuta alla deformazione della matrice, bensì allo scorrimento fra le scaglie. Data questa situazione, si può di solito assumere che resistenza di picco e resistenza di stato critico siano di fatto coincidenti. Le verifiche geotecniche delle opere di progetto potranno essere eseguite considerando disponibile la resistenza di stato critico in tutti i problemi in cui le rotture attese sono di neo-formazione.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 51 di 64

La resistenza della componente pelitica del Flysch Rosso investigata mediante prove di compressione triassiale può essere diversa da quella ottenuta da prove di taglio diretto perché nel secondo caso le scaglie o altre inclusioni lapidee o consistenti possono attraversare la superficie di scorrimento imposta.

La resistenza di stato critico dipende dalla plasticità del materiale e, nel caso se ne ravvisasse la necessità, potrà essere verificata rispetto alle correlazioni empiriche disponibili in letteratura.

Quando invece si esaminano riattivazioni lungo superfici esistenti, come ad esempio nell'analisi di stabilità di frane pregresse (è il caso della frana di Grottaminarda), sarà considerata disponibile la resistenza residua lungo l'intera superficie di scorrimento preesistente.

Per le argille a scaglie la determinazione della resistenza residua può essere un'operazione complessa ed incerta, per la possibilità che le scaglie attraversino la superficie di rottura imposta dalla macchina. Per evitare questi problemi la resistenza residua dovrebbe essere determinata su provini di argilla ricostituiti in laboratorio o in alternativa tramite correlazioni sperimentali con il contenuto in argilla, CF, ed il limite liquido, w_L .

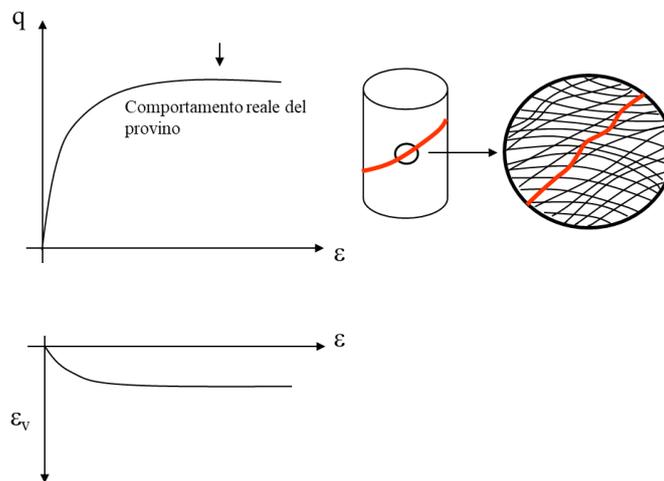


Figura 3.5. Comportamento meccanico della componente pelitica del Flysch Rosso e rappresentazione di una possibile superficie di scorrimento all'interno di un ipotetico provino di compressione triassiale

3.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEL FLYSCH ROSSO

La caratterizzazione meccanica dell'ammasso, come accennato in precedenza, risulta piuttosto difficile, in quanto il complesso matrice-componente lapidea non si presta ad esperimenti di laboratorio convenzionali. In letteratura sono presenti alcuni tentativi di superare questa difficoltà mediante lo sviluppo di approcci empirici basati su case history e studi di laboratorio su bimrocks, che in virtù del rapporto volumetrico matrice/roccia, delle relative caratteristiche meccaniche (angolo di attrito interno, coesione e resistenza a compressione dei blocchi lapidei) definiscono le caratteristiche meccaniche dell'ammasso.

Tra le diverse formulazioni ed approcci presenti in letteratura si è considerato ragionevolmente cautelativo l'approccio proposto da Lindquist¹ e Goodman che dopo numerosi test in laboratorio (con blocchi diversamente

¹ A Conceptual empirical approach for the overall strength of unwelded bimrocks. Aut.:H. Sonmez, K.E. Kasapoglu & A. Coskun;C. Tunusluoglu; E.W. Medley; R.W. Zimmerman - SRM Regional Symp. "Rock Eng. in Difficult Ground Conditions, Soft Rock and Karst" - Dubrovnik, Croatia, 29-31 Oct. 2009;

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 52 di 64

orientati e vari rapporti tra blocco e matrice), e test sul campo (studio del comportamento delle fondazioni della diga Scott ubicata a nord di San Francisco – California, fondata su una formazione complessa, detta Franciscan melange), identificarono semplici relazioni lineari tra le proprietà di resistenza dell'ammasso e l'incidenza volumetrica dei blocchi lapidei, nonché dell'orientamento dei blocchi; gli Autori definirono un abaco che viene presentato nel seguito.

Tale approccio è basato sulle considerazioni che seguono.

- L'angolo di attrito interno aumenta all'aumentare della proporzione volumetrica dei blocchi a causa dell'aumento della tortuosità della superficie di rottura; in particolare l'angolo di attrito interno dell'ammasso assume lo stesso angolo della matrice fino a quando il volume dei blocchi raggiunge il 25% del volume totale; esso subisce incrementi fino a 15° laddove la porzione lapidea raggiunge il 75% del volume totale; al di sopra della percentuale volumetrica del 75% non si riscontrano ulteriori incrementi.
- La coesione potrebbe diminuire all'aumentare della proporzione volumetrica dei blocchi a causa dei contatti blocco-matrice; l'entità di questa diminuzione dipende dal fatto che se la superficie di scorrimento si sviluppa in parte lungo interfacce, queste potrebbero essere prive di coesione; ciò viene trascurato nella presente relazione.
- L'orientamento dei blocchi lapidei (in particolare dei blocchi più grandi) influenza la geometria della superficie di rottura. Questa si sviluppa intorno ai blocchi e, poiché i contatti tra matrice e blocchi lapidei costituiscono delle superfici di debolezza, la rottura si forma proprio in quelle zone.

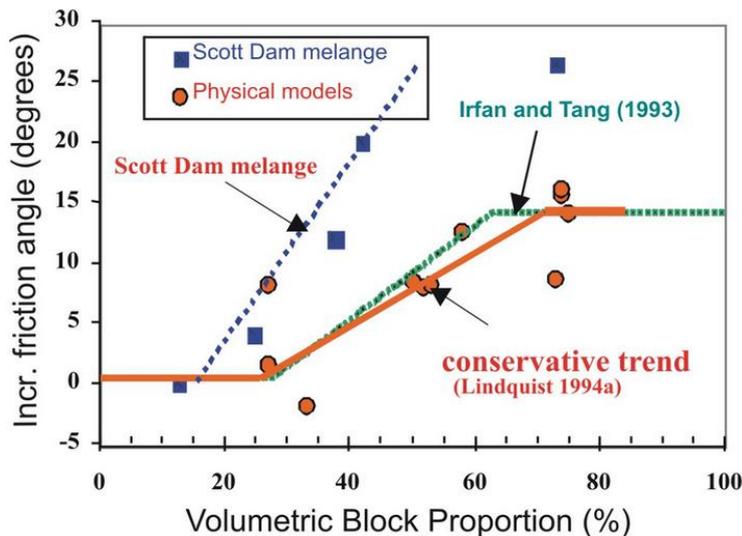


Figura 3.6. Relazione tra l'angolo di attrito interno dell'ammasso e della matrice in funzione della proporzione volumetrica della componente lapidea.

Alla luce di quanto rappresentato, dunque, nell'ambito della stessa formazione in virtù della variazione volumetrica della porzione lapidea, può cambiare radicalmente il comportamento meccanico dell'ammasso a seconda del maggiore o minore volume della roccia

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RG</td> <td style="text-align: center;">GN0100 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">53 di 64</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	53 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RG	GN0100 001	B	53 di 64													
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali																		

Analoghe considerazioni valgono per la caratterizzazione delle proprietà elastiche dell'ammasso del Flysch Rosso; anche in questo caso la stima del modulo elastico di deformabilità avviene in funzione della percentuale volumetrica della parte lapidea e di quella pelitica.

A tal proposito tra gli studi proposti in letteratura sono state prese in esame le trattazioni fornite da Salamon (1968) e Gerrard (1982)²; quest'ultimo ha determinato le proprietà elastiche "equivalenti" dell'ammasso caratterizzato da comportamento anisotropo, partendo dal comportamento isotropo degli strati di matrice e di roccia che compongono l'ammasso (costituito da un sistema composto a strati alterni di matrice e roccia).

La formulazione proposta per la determinazione del modulo elastico equivalente in direzione orizzontale (E_h) ed in direzione verticale (E_v), sono funzione delle caratteristiche elastiche della matrice e della roccia, nonché della percentuale volumetrica della porzione lapidea rispetto alla matrice

L'aumento della porzione volumetrica della roccia determina un incremento del modulo elastico di deformabilità, tale incremento, trattandosi di ammasso con comportamento anisotropo, è sensibilmente maggiore nella direzione degli strati (qui supposta orizzontale).

² A physically meaningful homogenization approach to determine equivalent elastic properties of layered soil - Peijun Guo and Dieter F.E. Stolle – NCR Research Press

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 54 di 64

4 SEZIONE DI INTRADOSSO

Il seguente capitolo illustra le scelte progettuali di base per quanto concerne l’allestimento interno della galleria.

Per le gallerie Grottaminarda e Melito è previsto lo scavo con sistema meccanizzato ricorrendo ad un’unica TBM tipo EPB. In sede di istruttoria alla Relazione di Sistema, l’U.O. Gallerie di Italferr si è espressa in favore dell’adozione della sezione tipo identificata nel Manuale di Progettazione RFI per gallerie a doppio binario scavate appunto con sistema meccanizzato, nel caso specifico di linee con velocità di progetto inferiori o uguali a 200 km/h. Il diametro interno netto risulta essere pari a 11.00 m.

Nei paragrafi che seguono sono quindi illustrate le configurazioni tipiche. A seguire si fornisce un quadro descrittivo dettagliato per ciascuna componente impiantistica /idraulica / tecnologica delle gallerie.

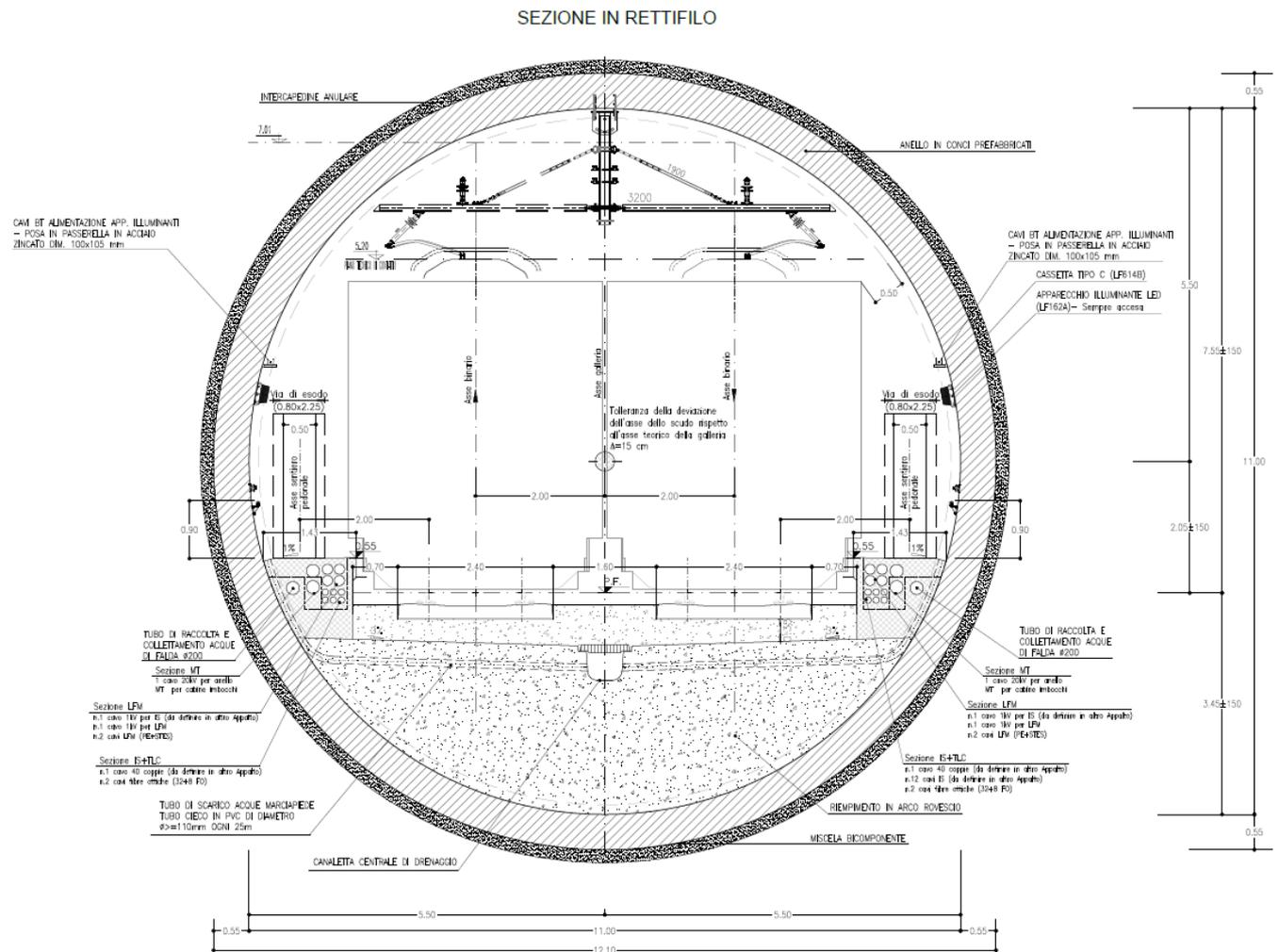


Figura 4.1. sezione di intradosso galleria Grottaminarda (caso rettifilo)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 55 di 64

4.1 CONFIGURAZIONE FUNZIONALE GENERALE

La sezione interna della galleria Grottaminarda è conforme alla sezione tipo in galleria naturale prevista dal Manuale di Progettazione RFI per gallerie scavate appunto con sistema meccanizzato, per velocità di progetto inferiori o uguali a 200 km/h, dotate di armamento di tipo tradizionale. Il diametro interno netto risulta essere pari a 11.00 m (Tavole n. 36 – 37, rispettivamente per configurazione in rettilineo ed in curva).

Il rivestimento in conci prefabbricati (calcestruzzo Classe C35/45) è del tipo ad anello universale, con spessore 55 cm.

L'intasamento dell'intercapedine anulare a tergo conci è previsto con malta bi-componente.

La galleria non prevede un sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione dall'ammasso, fatta eccezione per la tratta di sotto-attraaversamento della frana. Tale configurazione consente, sostanzialmente, di eliminare ogni possibile effetto di alterazione del regime idrogeologico naturale connesso al drenaggio eventualmente operato dalla galleria medesima. I carichi idraulici teorici attesi (sulla base delle informazioni desumibili dall'esame della documentazione di PE) sono del tutto compatibili con le risorse resistenti dei rivestimenti definitivi.

La sezione di intradosso è stata elaborata prevedendo soluzione specifica per la collocazione dei cavidotti aderente allo standard previsto dal Manuale di Progettazione RFI.

4.2 RACCOLTA E COLLETTAMENTO ACQUE DI INFILTRAZIONE AMMASSO

Lungo tutto lo sviluppo della galleria non sono previste condizioni di carico idraulico che, combinate alle caratteristiche dell'ammasso interagente con la galleria ed ai relativi carichi litostatici, determinano tassi di lavoro dei rivestimenti definitivi non compatibili con i limiti prestazionali degli stessi, sia allo stato limite di esercizio che allo stato limite ultimo. Per tale ragione non sono previsti dispositivi di drenaggio nella condizione standard realizzativa, fatta eccezione per il tratto di sotto-attraaversamento della frana laddove, l'installazione delle aste drenante è specificatamente predisposta al fine di stabilizzare il soprastante corpo di frana e non allo scopo di deprimere il carico idraulico per ragioni di limitazione dei carichi sui rivestimenti.

In fase di esercizio la galleria Grottaminarda sarà dunque non drenante su tutta l'estensione, fatta eccezione per la tratta di sotto-attraaversamento del settore centrale del corpo di frana tra le pk 3+990 a 4+160, per la quale, allo stato attuale, è previsto di confermare la scelta tecnica già adottata nel Progetto Definitivo, ovvero di effettuazione di un drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria. Tale drenaggio sarà operato mediante predisposizione di una batteria di aste drenanti (tubazioni PVC rivestite con calza TNT DN 77 mm) installate entro perforazioni di diametro 100 mm della lunghezza di 40 m lato binario pari e 26 lato binario dispari realizzate, su entrambi i lati della galleria, ogni 10.80 m. Le perforazioni saranno inclinate di 30° sull'orizzontale, così da raggiungere la porzione basale del corpo di frana, andando a drenare l'ammasso nell'intorno della superficie di scorrimento.

Scopo di tale intervento drenante è il miglioramento della condizione di equilibrio dell'ammasso al contorno della galleria posto alla base del corpo di frana e, in ultima analisi, del corpo di frana medesimo per effetto della riduzione del campo di pressioni interstiziali a livello della potenziale superficie di scivolamento.

Le aste drenanti scaricheranno direttamente entro pozzetti dedicati (uno per ciascuna asta drenante) ricavati nel volume gettato in opera del marciapiede, in posizione affiacata rispetto alle polifore di alloggiamento impianti. Le acque drenate scaricate in galleria in corrispondenza dei pozzetti saranno poi convogliate in direzione dell'imbocco Napoli mediante tubazioni D200 inglobate nel getto del marciapiede.

Le tubazioni saranno collocate alla quota di ca 35 cm sotto il piano di calpestio del marciapiede (quota generatrice superiore tubazione). Questa configurazione consente di eliminare l'interferenza diretta che si avrebbe fra la tubazione medesima e le canalizzazioni laterali che, in corrispondenza delle nicchie, staccano dai pozzetti cavidotti longitudinale per raggiungere gli armadi di nicchia.

All'esterno del settore drenato saranno previsti pozzetti di ispezione delle tubazioni di collettamento acque di infiltrazione con passo non inferiore a m 25.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 56 di 64

4.3 RACCOLTA E COLLETTAMENTO ACQUE DI MARCIAPIEDE E PIATTAFORMA FERROVIARIA

il sistema di raccolta e collettamento delle acque di marciapiede prevede che:

- le acque vengano convogliate, trasversalmente, sul limite esterno del marciapiede dove è presente una canaletta alla francese, avendo la superficie di questo pendenza del 1%;
- le acque raggiungano i punti di raccolta costituiti da pozzetti ubicati ogni 25 m (secondo la scansione prevista dal Progetto Definitivo), per effetto della pendenza longitudinale della linea (12‰);
- dai pozzetti le acque siano convogliate, mediante tubazioni in PVC cieco di diametro 110mm verso la canaletta centrale di drenaggio posta in asse ai binari.

Le acque di piattaforma percolanti attraverso il ballast saranno altresì raccolte nella canaletta centrale di drenaggio.

Negli elaborati grafici rappresentanti la sezione tipo di intradosso nelle differenti configurazioni (rettifilo / curva / nicchia) i tubi di scarico delle acque di infiltrazione dal marciapiede alla canaletta centrale risultano posizionati all'interno della tolleranza di scavo prevista in intradosso. Come detto i tubi delle acque di scarico del marciapiede sono previsti installati ogni 25 m di sviluppo della galleria, da ambo i lati (marciapiede binario pari / marciapiede binario dispari).

Tale passo consentirà di gestire eventuali disassamenti della galleria rispetto al teorico tracciamento in quanto, nella presente fase di progettazione, si è verificato come anche il massimo errore, consentito da capitolato, nel mantenimento del tracciato di progetto in corso di scavo, possa essere recuperato con opportuna manovra di correzione entro una distanza che risulta essere dello stesso ordine del suddetto passo di installazione.

Si consideri, inoltre, come la tolleranza prevista dai requisiti di capitolato – pari a 15 cm, sia da ritenersi assolutamente cautelativa rispetto alla precisione conseguita con gli attuali sistemi di guida. L'installazione delle tubazioni di scarico del marciapiede, in quanto attività di completamento idraulico/impiantistico della sezione di galleria, sarà effettuata a scavo concluso e tracciato galleria effettivamente realizzato del tutto noto.

Sarà quindi possibile regolare la posizione di installazione delle tubazioni suddette in funzione della reale disponibilità di spazio che risulterà dalla realizzazione dei marciapiedi e completamento delle installazioni idraulico/impiantistiche, conservando integralmente la funzionalità del sistema di drenaggio dei marciapiedi prevista nel Progetto Definitivo posto a base gara e le prerogative di funzionamento individuate nei capitolati tecnici.

4.4 NICCHIE

Il Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di nicchie LFM e tecnologiche in numero sostanzialmente analogo a quello previsto dal Progetto Definitivo. Sono state effettuate, laddove opportuno, locali, minori, modifiche alle progressive di ubicazione, con logica di semplificazione costruttiva e minimizzazione delle interferenze (come nel caso della nicchia tecnologica in prossimità dell'imbocco Grottaminarda Napoli. Lato binario pari).

Sono previsti, per ciascuna nicchia tipo (tecnologica / LFM) due sezioni tipologiche di scavo e consolidamento denominate tipo 1 e tipo 2. La seconda si caratterizza per l'intensificazione degli interventi di preconsolidamento presostegno e contenimento del cavo, rispetto alla sezione 1. Di seguito sono proposte le tabelle descrittive degli interventi tipologici per nicchie LFM ed una tabella con indicazione dei casi di applicazione stimati in via previsionale per i singoli manufatti presenti lungo la galleria in oggetto. In corso d'opera le evidenze raccolte in fase di avanzamento della fresa consentiranno di finalizzare la previsione attuale, in funzione del contesto geomeccanico realmente incontrato.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ RG GN0100 001 B 57 di 64

TABELLA RIASSUNTIVA - NICCHIA TIPO 1	
PRE-SPRITZ FRC AL CONTORNO	Sp.=5cm
SPRITZ-BETON FRC AL FRONTE	Sp=0.10m
	Sp=0.20m FINE SCAVO
PRESOSTEGNO AL CONTORNO (EVENTUALE) (*)	N° 9 TUBI IN ACCIAIO Ø127mm sp.10mm L=6m, VALVOLATI (1V/m) p=0.40m ±20%
PRECONTENIMENTO AL FRONTE (*)	N° 9 ELEMENTI IN VTR CEMENTATI CON MISCELE CEMENTIZIE L=6m ±20%
RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CENTINE METALLICHE HEA 160 p=1.00m ±20%
	SPRITZ-BETON FRC AL CONTORNO Sp=0.17m
RIVESTIMENTO DEFINITIVO	SOLETTONE DI BASE Sp=0.60m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 60Kg/mc)
	CALOTTA Sp=0.50m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 50Kg/mc)
	TAMPONE DI CHIUSURA Sp=0.50m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 50Kg/mc)
SPRITZ REGOLARIZZAZIONE	Sp.=3cm
(*) LA VARIABILITA' INDICATA E' RELATIVA ALL'INCIDENZA DEL CONSOLIDAMENTO (N° INTERVENTI E LUNGHEZZA)	

TABELLA RIASSUNTIVA - NICCHIA TIPO 2	
PRE-SPRITZ FRC AL CONTORNO	Sp.=5cm
SPRITZ-BETON FIBRORINFORZATO AL FRONTE	Sp=0.10m
	Sp=0.20m FINE SCAVO
PRESOSTEGNO AL CONTORNO (EVENTUALE) (*)	N° 9 TUBI IN ACCIAIO Ø127mm sp.10mm L=6m, VALVOLATI (1V/m) p=0.40m ±20%
PRECONTENIMENTO AL FRONTE (*)	N° 12 ELEMENTI IN VTR CEMENTATI CON MISCELE CEMENTIZIE L=6m ±20%
RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CENTINE METALLICHE HEA 180 p=0.90m ±20%
	SPRITZ-BETON FIBRORINFORZATO AL CONTORNO Sp=0.20m
RIVESTIMENTO DEFINITIVO	SOLETTONE DI BASE Sp=0.60m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 60Kg/mc)
	CALOTTA Sp=0.60m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 50Kg/mc)
	TAMPONE DI CHIUSURA Sp=0.60m, IN CLS ARMATO (INCIDENZA 50Kg/mc)
SPRITZ REGOLARIZZAZIONE	Sp.=3cm
(*) LA VARIABILITA' INDICATA E' RELATIVA ALL'INCIDENZA DEL CONSOLIDAMENTO (N° INTERVENTI E LUNGHEZZA)	

	LFM			TECNOLOGIE		
	TOT.	TIPO 1	TIPO 2	TOT.	TIPO 1	TIPO 2
GN01	11	1	10	1	1	

Figura 4.2. Descrizione interventi nicchie

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 58 di 64

5 SCAVO MECCANIZZATO – COMPATIBILITA' ED IDONEITA' RISPETTO AL CONTESTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO

5.1 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.

5.2 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'innescò 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 degli studi e approfondimenti idrogeologici di PE e delle analisi effettuate, nelle more dei naturali sviluppi che seguiranno, in corso d'opera a seguito delle evidenze raccolte in fase di avanzamento della macchina, è stato elaborato uno scenario operativo/esecutivo 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). E' previsto dunque che l'attività di scavo non introduca perturbazioni sul regime idrogeologico naturale. In fase di esercizio la galleria sarà non drenante su tutta l'estensione, fatta eccezione per la tratta di sotto-attraversamento del corpo di frana tra le pk 3+990 a 4+160, per la quale, allo stato attuale, è previsto di confermare la scelta tecnica già adottata nel Progetto Definitivo, ovvero di effettuazione di un drenaggio dell'ammasso al contorno della galleria. Tale drenaggio sarà operato mediante predisposizione di una batteria di aste drenanti della lunghezza di 40 m lato binario pari e 26 lato binario dispari costituite da tubazioni in PVC D77 rivestite con calza di geotessuto, installate, su entrambi i lati della galleria ogni 10.80 m. Le aste saranno installate in perforazioni inclinate di 30° sull'orizzontale, così da raggiungere la porzione basale del corpo di frana, andando a drenare l'ammasso nell'intorno della superficie di scorrimento. Le aste scaricheranno in pozzetti posti sotto marciapiede e

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 59 di 64

collegati tra loro da tubazione di collettamento acque verso l'imbocco lato Napoli della galleria. Scopo di tale intervento drenante è il miglioramento della condizione di equilibrio dell'ammasso al contorno della galleria posto alla base del corpo di frana e, in ultima analisi, del corpo di frana medesimo per effetto della riduzione del campo di pressioni interstiziali a livello della potenziale superficie di scivolamento.

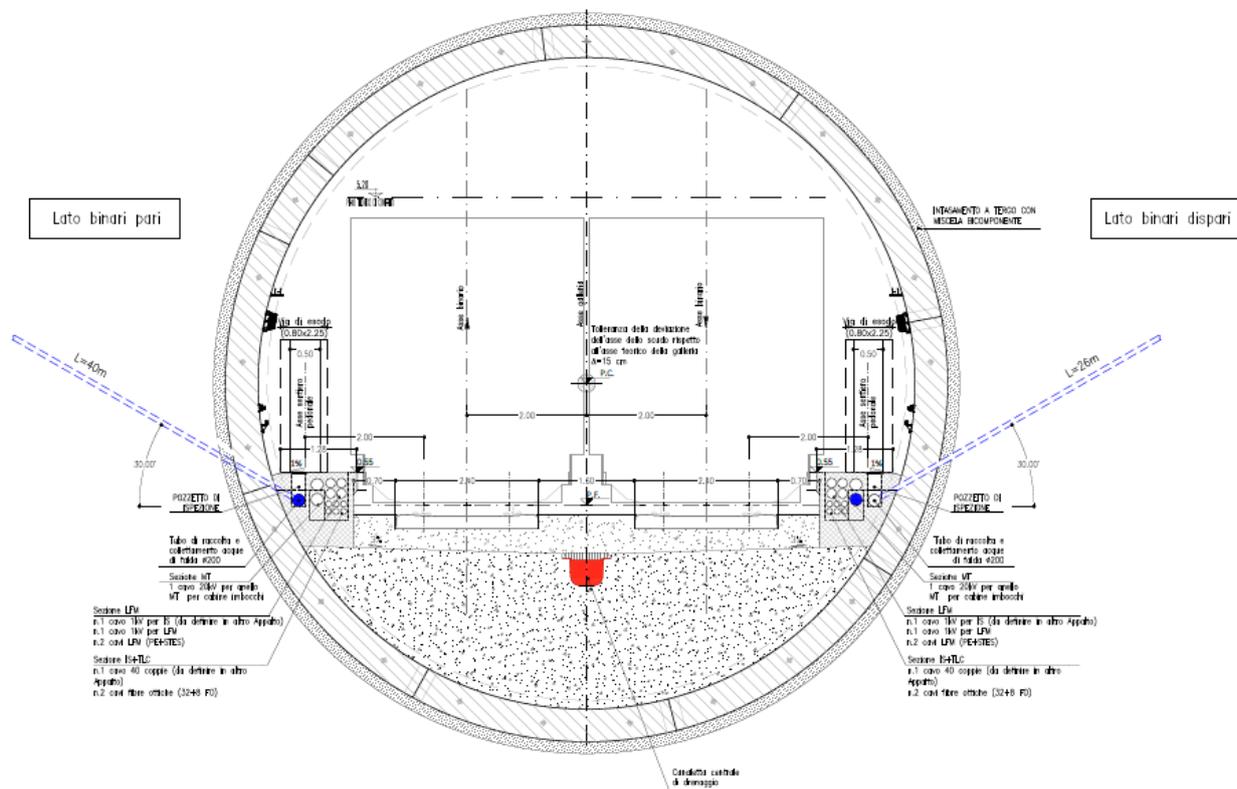
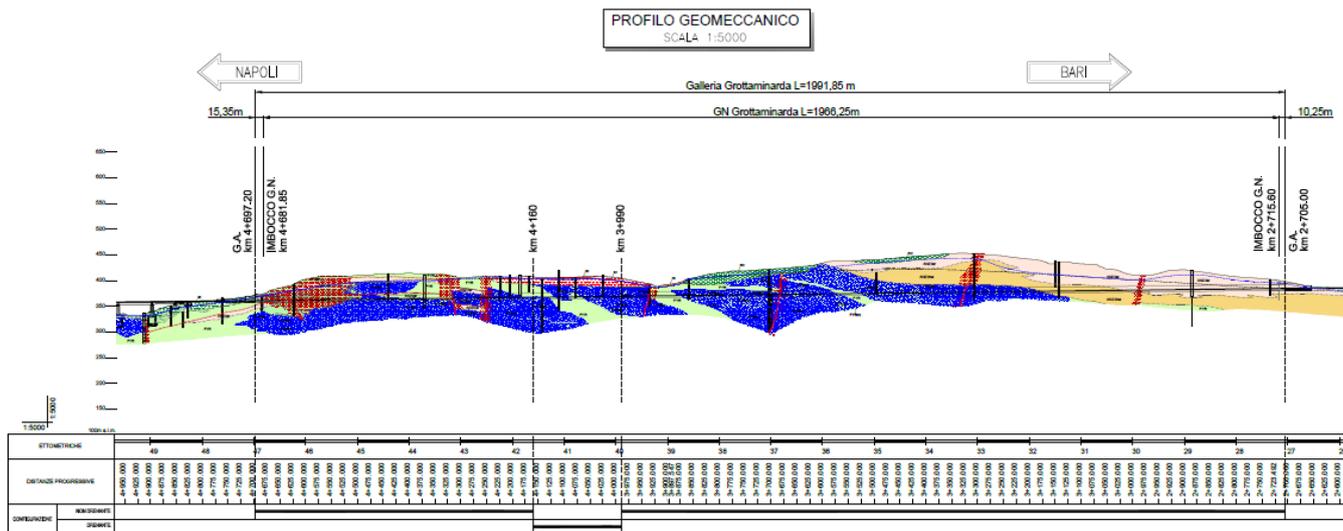


Figura 5.1. tratta galleria Grottamirarda configurazione drenante

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 60 di 64

6 SPECIFICHE TECNICHE TBM

6.1 CENNI GENERALI

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 inquadramento degli aspetti tecnici/tecnologici salienti dello scavo meccanizzato.

6.2 TESTA DI SCAVO: CONFIGURAZIONE UTENSILI

Lo scavo della Galleria Grottaminarda interesserà formazioni litologicamente eterogenee del Flysch Rosso.

Dagli esiti dei rilievi condotti sul campo e attraverso sondaggi, 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.

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 rigidità 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. La progettazione della testa di scavo dovrà essere elaborata per conseguire un efficiente avanzamento nei due contesti inquadrabili come estremi entro le quali si svilupperanno tutte le condizioni di lavoro previste ovvero:

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

Il grado di dettaglio con il quale è stato elaborato il profilo geologico di previsione del Progetto Esecutivo, consentito dall'ampia disponibilità di indagini dirette e indirette effettuate nel settore in disamina, consente di individuare, con elevato margine di affidabilità, la posizione e l'estensione dei settori nei quali si attendono determinate condizioni fisico meccaniche del fronte e, pertanto, di pianificare i fermi macchina necessari al ricondizionamento della testa di scavo per ottenere una configurazione degli utensili quanto più idonea all'ammasso da scavare. La testa sarà concepita, pertanto, per consentire una rapida sostituzione degli utensili con possibilità di variarne la tipologia (disc cutters/rippers). Rimandando ad approfondimenti successivi propri della

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 61 di 64

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

La testa di scavo sarà munita di grizzly bars sulle aperture (opening ratio prevista attorno al 40 %) per evitare l'ingresso in camera di scavo di elementi litoidi di dimensioni critiche; la coclea di estrazione sarà altresì concepita per mitigare possibili effetti abrasivi / danneggiamenti per la presenza di materiale calcareo nel muck.

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

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

6.3 CONICITA' 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.

6.4 MODALITÀ DI AVANZAMENTO, PRESSIONI IN CAMERA DI SCAVO

Le analisi effettuate indicano la necessità di avanzare in modalità "closed" per l'intero sviluppo della galleria Grottaminarda, con il mantenimento di pressioni di terra in camera di scavo (valore medio al piano dei centri) sino a 4.5 bar allo scopo di contenere i fenomeni di plasticizzazione dell'ammasso a livello del nucleo-fronte.

6.5 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.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> ROCKSOIL S.P.A	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 62 di 64

6.6 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.

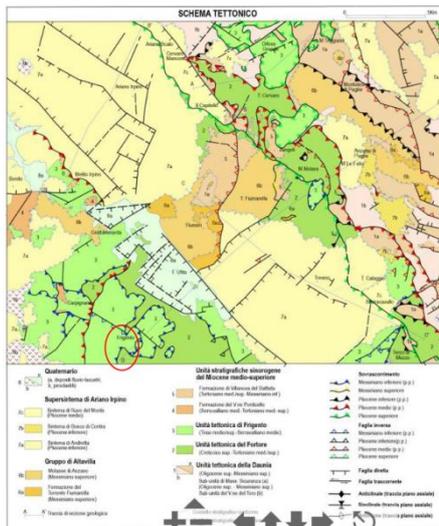
6.7 GESTIONE DELLO SCAVO IN PRESENZA DI GAS

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 simili (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 grisutose 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).

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 63 di 64

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



La Campagna di indagine del Progetto Esecutivo ha previsto che presso ciascuna postazione di indagine venissero effettuati il rilievo e la registrazione in continuo di gas metano a boccaforo in fase di perforazione.

Nei sondaggi effettuati nell'area dell'opera in oggetto non si sono avute evidenze di gas.

Le evidenze raccolte dalle suddette registrazioni hanno dunque confermato la classe di rischio 1b secondo la NIR 28, individuata nel PD. Non si ritiene pertanto necessaria l'adozione di una configurazione anti-deflagrante completa per la macchina di scavo delle gallerie Grottaminarda e Melito.

Come detto la TBM, in osservanza alle prescrizioni delle Specifiche Tecniche TBM del Progetto Definitivo, oltre a essere conforme alla direttiva macchine EN 16191, sarà equipaggiata con sistemi per poter gestire, attraverso il sistema di monitoraggio, il rischio potenziale di concentrazioni di gas.

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

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Elementi morfostrutturali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GN0100 001	REV. B	FOGLIO 64 di 64

definito anche in sede di Progetto Definitivo, specifici apprestamenti di compartimentazione e ventilazione supplementare.

Particolare attenzione dovrà essere posta anche all'eventualità che il gas si presenti disciolto in acqua, andando a monitorarne l'eventuale presenza nei pozzetti di scarico delle acque drenate. Le informazioni raccolte durante lo svolgimento dei lavori consentiranno, nell'ambito del Progetto Esecutivo di dettaglio, di valutare eventuali nuovi scenari al momento non prevedibili e di definire compiutamente gli eventuali interventi di presidio integrativi, sia nel breve che nel lungo termine.

7 RIVESTIMENTO IN CONCI PREFABBRICATI

L'anello di rivestimento sarà formato da 8+1 conci 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 conci: 8+1
- spessore conci: 0,55 m
- lunghezza conci: 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 conci di anelli contigui.

8 RIEMPIMENTO A TERGO DEL RIVESTIMENTO

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