

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO
I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE
ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GALLERIA MONTE AGLIO

Relazione tecnica delle opere in sotterraneo

SCALA:

-

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

I F 0 F 0 1 D 0 7 R H G N 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	M. Ricci <i>MR</i>	Lug 2015	A. Sciotti <i>AS</i>	Lug 2015	F. Cerrone <i>F</i>	Lug 2015	A. Pignoni Lug 2015

ITALFERR S.p.A.
U.O. GALLERIE
Ing. Pignoni
Ordine Ingegneri di Roma
n° 19300

File: IF0F01D07RHGN0000001A.docx

n. Elab.:

014

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	4
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI	4
3.3	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	5
4.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	6
4.3	DOCUMENTI SUPERATI	6
5	ALLEGATI.....	6
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO.....	6
7	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO E DELLE OPERE IN PROGETTO	7
7.1	GALLERIA DI LINEA.....	7
7.2	USCITE DI EMERGENZA	8
8	METODOLOGIA DI LAVORO	9
9	FASE CONOSCITIVA.....	10
9.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	10
9.2	INDAGINI GEOTECNICHE.....	14
9.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	14
10	FASE DI DIAGNOSI	17
10.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	17
10.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO	18
10.3	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO.....	18

11	FASE DI TERAPIA.....	19
11.1	GALLERIA DI LINEA, TRATTA IN NATURALE	19
11.1.1	Sezione tipo A1.....	20
11.1.2	Sezione tipo A2.....	20
11.1.3	Sezione tipo B1.....	21
11.1.4	Sezione tipo B2.....	21
11.1.5	Sezione tipo C1	22
11.1.6	Sezione tipo C2	22
11.1.7	Sezione tipo C2p	23
11.2	GALLERIA DI LINEA, IMBOCCO LATO CANCELLO	24
11.3	GALLERIA DI LINEA, IMBOCCO LATO BENEVENTO	25
11.4	USCITE DI EMERGENZA	26
11.4.1	Finestre costruttive, tratte in naturale.....	26
11.4.2	Imbocco finestra pk 3+772.....	29
11.4.3	Imbocco finestra pk 5+498.....	30
11.4.4	Cameroni di manovra.....	30
11.4.5	Sezioni di innesto	31
11.4.6	Cunicolo di sfollamento, tratta in naturale.....	31
11.4.7	Camere di manovra e allarghi per incrocio mezzi.....	32
11.4.8	Cunicoli pedonali.....	33
11.5	INTERFERENZE	33
12	SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	35
13	CONCLUSIONI	36

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari ed in particolare si riferisce al primo lotto funzionale compreso tra Canello e la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta, per una estensione complessiva di circa 16,5 Km di linea.

Nell'ambito di questa tratta è presente la galleria Monte Aglio, una galleria naturale a doppio binario lunga oltre 4 Km.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione delle tratte in naturale della galleria e le relative opere accessorie costituite dai due imbocchi e dalle uscite/accessi di emergenza intermedie, previste in accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1 Leggi e normative cogenti

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008";
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie";
- Rif. [4] Decisione del 20/12/2007 della Commissione dell'Unione Europea - 2008/163/CE - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente "la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Decisione del 21/12/2007 della Commissione dell'Unione Europea - 2008/164/CE - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le "persone a mobilità ridotta" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Decisione del 20/12/2007 della Commissione dell'Unione Europea - 2008/217/CE - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

3.2 Normative non cogenti e raccomandazioni

- Rif. [7] SIG, "Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo", 1997;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo</p>	<p>COMMESSA IF0F</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D.07 RH</p>	<p>DOCUMENTO GN.00.00.001</p>	<p>REV A</p>	<p>FOGLIO 5 di 36</p>

Rif. [8] AFTES - Groupe de travail Tunnel support and lining. Recommendations for use of convergence – confinement method”.

Rif. [9] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

3.3 Prescrizioni e specifiche tecniche (RFI, ITF)

Rif. [10] RFI, doc RFIDINICMAGAGN00001B “Manuale Progettazione Gallerie” datato Dic 2003;

Rif. [11] ITALFERR, “Manuale di progettazione” ver.06, datato Gen 2006;

Rif. [12] ITALFERR, doc XXXX00EIFMA000000001A “Linee guida per la progettazione esecutiva delle gallerie naturali” datato Ott 1996;

Rif. [13] RFI, documento RFIDINIC\A0011\PI\2005\0001075, “Relazione Conclusiva Gruppo di Lavoro Nicchie in galleria”, 24/11/2005.

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 Documenti Referenziati

Come input per il presente documento sono stati utilizzati gli elaborati di progetto relativi alle precedenti fasi progettuali:

Rif. [14] ITALFERR, Progetto Preliminare (2007);

Rif. [15] ITALFERR, Aggiornamento del Progetto Preliminare ai requisiti della Legge Obiettivo (2009);

Rif. [16] Ordinanza n°7 (e relativi Allegati) di approvazione del Progetto Preliminare da parte del Commissario Straordinario, contenente prescrizioni e raccomandazioni per la Progettazione Definitiva (2015).

Nel presente documento si fa inoltre riferimento ai seguenti elaborati allegati al progetto:

Rif. [17] U.O. Geologia, Elaborati Specialistici;

Rif. [18] U.O. Corpo Stradale e Geotecnica, Elaborati Specialistici;

Rif. [19] ITALFERR, doc IF0F01D07F5GN0100001A “Galleria Monte Aiglio – Profilo Geotecnico” datato Lug 2015;

Rif. [20] ITALFERR, doc IF0F01D07F6GN0200001A “Galleria Monte Aiglio – Profilo Geotecnico finestra uscita di emergenza km 3+772.00” datato Lug 2015;

Rif. [21] ITALFERR, doc IF0F01D07F6GN0300001A “Galleria Monte Aiglio – Profilo Geotecnico finestra uscita di emergenza km 5+498.00” datato Lug 2015;

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 6 di 36
--	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	-------------------

Rif. [22] ITALFERR, doc IF0F01D07P7GN0100002A “Galleria Monte Aglio – Interferenze – Planimetria opere interferenti con livello di danno” datato Lug 2015.

4.2 Documenti Correlati

I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell’ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

Rif. [23] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).

4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.

5 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono utilmente completati e arricchiti dagli elaborati grafici specialistici allegati al progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

7 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO E DELLE OPERE IN PROGETTO

Come anticipato, il progetto delle opere in sotterraneo prevede la realizzazione della galleria Monte Aglio a doppio binario, e delle relative opere accessorie costituite dai due imbocchi e dalle uscite/accessi di emergenza intermedie previste secondo STI.

7.1 Galleria di linea

La galleria di linea ha una lunghezza complessiva di circa 4195 m, di cui circa 337 m in artificiale e 3858 m in naturale (da realizzare con metodo tradizionale), come di seguito dettagliato con riferimento alla progressivazione del binario dispari:

- da pk 2+774,74 a pk 2+875,74 (L=101 m) galleria artificiale a sezione scatolare;
- da pk 2+875,74 a pk 2+994,74 (L=119 m) galleria artificiale a sezione policentrica;
- da pk 2+994,74 a pk 6+852,74 (L=3858 m) galleria naturale;
- da pk 6+852,74 a pk 6+910,74 (L=58 m) galleria artificiale a sezione policentrica;
- da pk 6+910,74 a pk 6+970,00 (L=59,26 m) galleria artificiale a sezione scatolare;

Fatta eccezione per le due tratte di estremità agli imbocchi a sezione scatolare, la galleria ha una sezione policentrica con raggio interno in calotta pari a 5,45 m. Il profilo di intradosso è stato definito adottando il gabarit C – PMO5; il piano teorico di contatto è posizionato a 5,20 m dal piano del ferro, l'altezza libera sul piano del ferro è pari a 7,55 m. Le due tratte di estremità a sezione scatolare hanno invece una larghezza pari a 10,20 m ed un'altezza libera sul piano del ferro pari a 6,15 m all'imbocco lato Canello e 6,80 m all'imbocco lato Benevento.

In coerenza con le recenti progettazioni di nuove gallerie, sono previsti stradelli a geometria variabile, con piano di calpestio a 55 cm sul piano del ferro, e ciglio a 113 cm dal bordo interno della rotaia. Entrambe le distanze sono riferite al piano di rotolamento e definiscono pertanto una posizione del ciglio del marciapiede variabile con la sopraelevazione, al fine di mantenere costante la distanza tra il marciapiede e il predellino di discesa del treno. I marciapiedi, presenti su entrambi i lati della galleria, garantiscono in ogni caso una larghezza minima di 1,20 m e sono attrezzati con l'installazione del corrimano.

Con riferimento alle indicazioni del documento "Relazione conclusiva del Gruppo di Lavoro Nicchie in gallerie di nuova costruzione" (cfr Rif. [13]), in galleria non sono previste nicchie di ricovero del personale. Trattandosi infatti di una linea a doppio binario, con circolazione di tipo banalizzato, la presenza del personale per gli interventi di manutenzione sarà comunque possibile lungo lo stradello attiguo al binario interrotto, mentre la circolazione ferroviaria potrà avvenire, in entrambe le direzioni, lungo l'altro binario, con velocità non superiore a 160 km/h.

Su entrambi i marciapiedi sono previste, ogni 250 m, coppie di nicchie tecnologiche di dimensioni utili interne pari a circa 230x280 cm, per un totale di 17+17 nicchie; lungo il solo marciapiede dispari, ogni 125 m, sono previsti gli stacchi per gli idranti dal tubo dell'impianto antincendio che corre all'interno del marciapiede.

La quota di imbocco lato Canello è pari a circa 63 m s.l.m. mentre quella lato Benevento è pari a circa 117 m s.l.m. per una pendenza pressoché costante del 13% in ascesa da Canello verso Benevento.

Procedendo da sud verso nord, a partire dall'imbocco lato Canello le coperture crescono molto lentamente raggiungendo un ricoprimento di circa 30 m dopo oltre 500 m dal portale. A seguire, le coperture aumentano più rapidamente, mantenendosi ben oltre i 100 m per circa $\frac{3}{4}$ dell'intera tratta in naturale. Le coperture massime, poco superiori ai 300 m, si registrano tra le pk 4+500 e 5+350. In prossimità dell'imbocco lato Benevento, le coperture tornano a degradare lentamente in modo sostanzialmente simmetrico all'imbocco lato Canello.

Considerate le elevate coperture appena descritte che caratterizzano gran parte della galleria, ed il contesto quasi interamente extra-urbano in cui si sviluppa il tracciato, non si ha alcuna interferenza rilevante, fatta eccezione per le due tratte più superficiali in prossimità degli imbocchi.

All'imbocco lato Canello, lungo il tratto di galleria artificiale che si sviluppa in adiacenza al cimitero di Maddaloni e a Via della Vigna, sono presenti alcune interferenze con il tracciato e con le opere di imbocco: il fosso Carmignano che attraversa il tracciato in corrispondenza della pk 2+765 circa, e Via della Vigna che attraversa il tracciato in corrispondenza della pk 2+935 circa.

Lato Benevento, vanno invece segnalate alcune interferenze presenti a piano campagna in corrispondenza del tratto iniziale della galleria naturale a bassa copertura, fino a pk 6+270 circa; si tratta per lo più di edifici industriali e di civili abitazioni distribuiti lungo la S.S. 265 nel Comune di Valle di Maddaloni.

Per la risoluzione di tali interferenze si rimanda al successivo §11.

7.2 Uscite di emergenza

In accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità, che prevedono uscite di emergenza laterali e/o verticali ogni 1000 m, considerato lo sviluppo della galleria in oggetto, sono state progettate 4 uscite di emergenza intermedie per l'evacuazione dei passeggeri e l'accesso delle squadre di soccorso (cfr Figura 1).

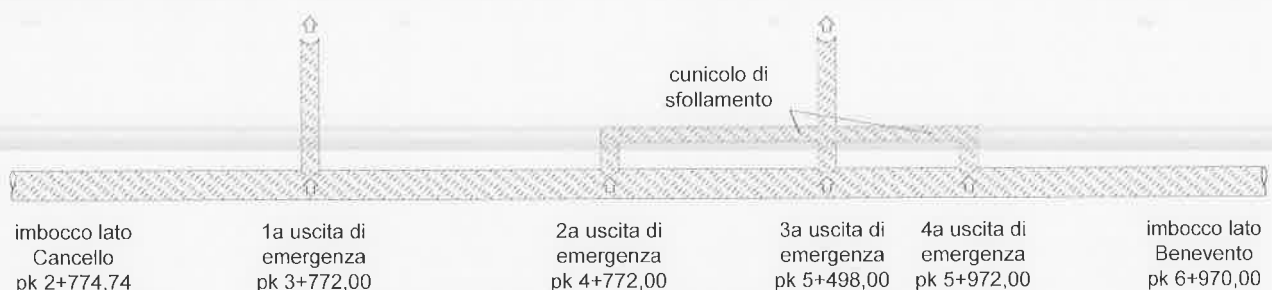


Figura 1 – Rappresentazione schematica uscite di emergenza

Con riferimento alle progressive di innesto sulla galleria di linea, le 4 uscite di emergenza sono ubicate come di seguito riportato:

- 1° uscita: pk 3+772
- 2° uscita: pk 4+772
- 3° uscita: pk 5+498
- 4° uscita: pk 5+972

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

La prima e la terza uscita sono direttamente collegate all'aperto mediante due finestre lunghe rispettivamente 370 m e 550 m circa; oltre a svolgere la funzione di uscite di emergenza in esercizio, queste svolgono anche la funzione di finestre costruttive, consentendo in fase di realizzazione di avere due coppie di fronti di attacco intermedi per lo scavo della galleria. Sono infatti previste a sezione di intradosso policentrica, con un raggio interno di calotta pari a 4 m, di dimensioni tali da assicurare anche l'incrocio dei mezzi in configurazione provvisoria.

La finestra a pk 3+772, a partire dall'imbocco, ha un primo tratto in leggera contropendenza, per poi scendere con una pendenza di poco inferiore al 13% fino a raccordarsi con la galleria di linea. In prossimità dell'innesto sulla galleria di linea è previsto un camerone che garantisce uno spazio di manovra per i mezzi di soccorso di 15x15 m, ed infine la vera e propria sezione di innesto, con la stessa sezione di intradosso della galleria di linea. Le coperture sono superiori ai 100 m già a breve distanza dall'imbocco, e raggiungono il valore massimo di circa 175 m in corrispondenza dell'innesto alla galleria di linea.

La finestra a pk 5+498 ha un tracciato del tutto analogo alla precedente, con una leggera contropendenza all'imbocco, la discesa verso la galleria di linea, in questo caso con una pendenza del 14,5%, il camerone di manovra e la sezione di innesto alla galleria di linea. Le coperture crescono linearmente a partire dall'imbocco e raggiungono il valore massimo di circa 265 m in corrispondenza dell'innesto alla galleria di linea.

La seconda e la quarta uscita di emergenza sono collegate alla finestra a pk 5+498 mediante un cunicolo di sfollamento, lungo complessivamente circa 1226 m, che corre parallelo alla galleria di linea ad un interasse di 22 m.

Il cunicolo di sfollamento ha una sezione di intradosso policentrica con un raggio interno di calotta pari a 2,10 m ed è dotato di zone di allargamento per l'incrocio dei mezzi ogni 250 m (due tra la seconda e la terza uscita, e una tra la terza e la quarta) e di camere di manovra alle due estremità; la sezione di intradosso degli allargamenti e delle camere di manovra è la stessa delle finestre costruttive.

Ognuna delle quattro uscite di emergenza è dotata di un cunicolo pedonale che, sottopassando la galleria di linea, consente l'esodo in sicurezza dei passeggeri anche dal marciapiede del binario pari, opposto al lato dei percorsi di esodo verso l'esterno. La larghezza del camminamento all'interno dei cunicoli pedonali è pari a 2,40 m.

Come per la galleria di linea, anche le finestre e tutte le opere accessorie delle uscite di emergenza verranno realizzate con metodo tradizionale.

8 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo è stata condotta secondo il Metodo ADECO-RS (cfr. Rif. [23]) che si articola nelle seguenti fasi:

- fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
- fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;

- **fase di terapia:** sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.
- **fase di verifica e messa a punto:** il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste.

9 FASE CONOSCITIVA

9.1 Inquadramento geologico

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche delle formazioni interessate dalle opere in progetto.

Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni

L'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni è formata da quattro successioni marine mesozoiche, ricopre tettonicamente l'Unità del Sannio ed è spesso coperta da estesi depositi quaternari di genesi alluvionale, fluvio-lacustre, vulcanoclastica e detritico-colluviale.

La galleria Monte Aglio ne attraversa un tratto interessato esclusivamente da due successioni marine mesozoiche: i "Calcari a rudiste e orbitoline" e i "Calcari a radiolitidi".

Calcari a rudiste e orbitoline (RDO)

Si tratta di depositi marini di piattaforma esterna e di transizione, costituiti da una singola litofacies a dominante calcareo-dolomitica. Poggiano per alternanza sui Calcari con requienie e gasteropodi e passano verso l'alto ai Calcari a radiolitidi. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 250 m.

Sotto il profilo litologico tale successione è costituita prevalentemente da calcareniti di colore grigio chiaro e biancastro (RDO), in strati generalmente medi; si rinvencono diffuse intercalazioni lenticolari di calcilutiti policrome e calciruditi di colore grigio, a stratificazione generalmente incrociata, con sporadiche intercalazioni di dolomie grigie e giallastre.

In tutta la successione sono presenti diffuse cavità carsiche e locali hardground bioperforati; a luoghi, in prossimità dei principali elementi tettonici, si rinvencono spesse fasce tettonizzate costituite da breccie calcaree prevalentemente angolose, immerse in matrice sabbioso-limosa giallastra o parzialmente ricementate da calcite secondaria.

Calcari a radiolitidi (RDT)

Si tratta di depositi marini di piattaforma interna, costituiti da una singola litofacies a dominante calcareo-dolomitica. Poggiano in contatto stratigrafico concordante sui Calcari a rudiste e orbitoline e passano verso l'alto a unità non affioranti nell'area. L'unità mostra uno spessore massimo di circa 500 m.

Tale successione è formata da calcilutiti bioclastiche di colore nocciola e avana (RDT), in strati da medi a spessi, talora laminati; si alternano ripetuti crostoni dolomitici bianchi e grigi, talora arrossati e/o pseudo-

brecciati, e livelli di calcareniti e calcisiltiti sottilmente laminate; nella parte bassa della successione sono presenti calcari a rudiste.

Unità del Sannio

Questa unità stratigrafico-strutturale è formata da una sola sequenza marina infra-cenozoica che poggia in contatto stratigrafico su unità non affioranti nell'area, mentre risulta tettonicamente ricoperta dall'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni. Nei settori d'intervento l'Unità del Sannio è spesso ricoperta da depositi quaternari di origine alluvionale, fluvio-lacustre, vulcanoclastica e detritico-colluviale.

Argille Varicolori Superiori (ALV)

Si tratta di depositi marini di bacino profondo sottoalimentato con locali torbiditi carbonatiche, costituiti da una singola litofacies a dominante argilloso-marnosa. Poggiano in contatto stratigrafico concordante su unità non affioranti nell'area e sono ricoperte tettonicamente dai Calcari con requenie e gasteropodi e dai Calcari a rudiste e orbitoline.

La formazione presenta uno spessore massimo di circa 300 m ed è ascrivibile all'Oligocene superiore - Miocene inferiore.

Dal punto di vista litologico, tale sequenza risulta costituita prevalentemente da argille, argille limose e argille marnose di colore grigio, azzurro, rosso-violaceo e grigio-verdastro (ALV), caotiche o a struttura scagliosa, con sottili intercalazioni sabbioso-limose, diffusi passaggi marnosi e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono livelli di calcari micritici chiari, calcari dolomitici grigio-violacei, calcari marnosi siliciferi e arenarie arcoseo-litiche grigie in strati da sottili a spessi; nella parte alta della successione sono presenti intercalazioni di calcari cristallini biancastri, da massivi a ben stratificati, e passaggi di calcareniti bioclastiche, breccie calcaree e conglomerati poligenici a matrice marnosa di colore verdastro.

Depositi vulcanoclastici

I litotipi in questione sono costituiti da tre unità vulcanoclastiche quaternarie che poggiano in discordanza stratigrafica sulle diverse successioni marine del substrato e sono ricoperti da depositi quaternari di origine alluvionale e detritico-colluviale.

Unità di Maddaloni (MDL)

Si tratta di depositi essenzialmente lacustri con frequenti intercalazioni fluviali e vulcanoclastiche, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e pelitica. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità del substrato e rappresentano il riempimento delle paleo-depressioni morfologiche. A luoghi sono presenti locali paleosuoli brunastri a tessitura sabbioso-limosa e limoso-argillosa.

L'unità è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 30 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene superiore.

Il tracciato di progetto interessa la litofacies pelitica e la litofacies sabbioso-limosa.

La litofacies pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argillo-sabbiosi di colore grigio, nocciola e grigio-verdastro (MDL3), a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi di rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, nocciola e brunastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

La litofacies sabbio-limosa, invece, è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, nocciola e giallastro (MDL2), a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora sono presenti passaggi di ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche; a luoghi si rinvengono livelli torbosi di colore nerastro e intercalazioni di limi argillosi grigi e marroni.

Tufo Grigio Campano (TGC)

Si tratta di depositi vulcanici di colata ignimbratica, costituiti da tre differenti litofacies a dominante tufacea, cineritica e pelitica. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e rappresentano il riempimento di paleo-depressioni morfologiche. Al tetto è localmente presente un paleosuolo marrone-brunastro a tessitura sabbio-limosa.

La successione mostra uno spessore massimo di circa 45 m ed è riferibile al Pleistocene superiore.

Anche in questo caso sono solo due le litofacies interessate dalla galleria Monte Aglio: la litofacies pelitica e la litofacies cineritica.

La litofacies pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argillo-sabbiosi di colore grigio, nocciola e brunastro (TGC3), a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate, derivanti dall'alterazione e/o dall'argillificazione dei depositi vulcanoclastici.

La litofacies cineritica è composta prevalentemente da ceneri a granulometria sabbiosa e sabbio-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro (TGC2), a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; nella parte bassa della successione è localmente presente un livello di pomici grossolane di colore bianco-rosato, angolose e a struttura indistinta.

Depositi continentali

Questi terreni sono rappresentati da cinque unità continentali quaternarie, formati da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale, gravitativa e detritico-colluviale, e poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche.

Depositi di versante (a)

Si tratta di depositi continentali di versante e di falda detritica, costituiti da una singola litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, poggianti in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche.

La successione presenta uno spessore massimo non determinabile ed è riferibile al periodo Pleistocene medio - Olocene.

Sotto il profilo litologico, i suddetti terreni sono formati prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche (a), da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbio-limosa di colore marrone, giallastro e brunorossastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e giallastro, a struttura indistinta, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IFOF	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

Depositi alluvionali recenti (bb1)

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da due differenti litofacies a dominante sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche, e in particolare sui terreni vulcanoclastici del Tufo Grigio Campano.

La successione in esame presenta uno spessore massimo di circa 12 m ed è riferibile all'Olocene.

La litofacies sabbioso-limosa è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro (bb1), a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore bruno-rossastro, a struttura indistinta, con diffusi inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Coltri eluvio-colluviali (b2)

Questi terreni sono costituiti da depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa, poggianti in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche.

I presenti terreni mostrano uno spessore massimo non determinabile e sono interamente riferibili all'Olocene.

Sono formati da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, grigio e bruno-rossastro (b2), a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, diffusi inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

Per ulteriori dettagli sul modello geologico si rimanda agli elaborati di progetto specialistici (Rif. [17]).

In sintesi, lo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico non ha evidenziato particolari criticità in riferimento alle opere in sotterraneo in progetto, fatta eccezione per la diffusa presenza di cavità carsiche sottolineate per i Calcarei a rudiste e orbitoline (RDO); questo aspetto riveste sicura rilevanza in considerazione del fatto che tale formazione interessa gran parte dello sviluppo sia della galleria di linea, che delle finestre e delle opere accessorie.

Da segnalare, infine, che la superficie piezometrica relativa all'acquifero principale si trova sempre al di sotto della quota di progetto del piano del ferro; la tratta tra pk 3+200 e pk 4+000 è quella in cui è più prossima alla galleria, ma risulta comunque inferiore di qualche metro rispetto alla quota di progetto del piano del ferro.

Pertanto è possibile escludere l'interferenza diretta della falda con le operazioni di scavo per le opere in progetto; eventuali venute concentrate in galleria, durante le operazioni di scavo, possono comunque attendersi in relazione a infiltrazioni superficiali o ad acquiferi secondari sospesi nelle tratte più superficiali di imbocco, o nell'attraversamento delle zone maggiormente tettonizzate dell'ammasso calcareo anche nei tratti di galleria ad elevata profondità.

La sintesi dei rischi emersi dallo studio geologico è sintetizzata graficamente sui profili geotecnici della galleria e delle due finestre (cfr Rif. [19], Rif. [20] e Rif. [21])

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IFOF	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

9.2 Indagini geotecniche

Ai fini della modellazione e della caratterizzazione geotecnica delle unità sopra descritte che interessano le opere in sotterraneo in progetto, sono stati utilizzati i dati relativi alle campagne geognostiche di seguito elencate:

- Campagna 1984-1985, eseguita dalla 4^a Unità Speciale della Direzione Generale delle Ferrovie dello Stato su una precedente ipotesi di tracciato, e consistente in 17 sondaggi a profondità comprese tra i 25 e i 160 m dal piano campagna. Molti di questi hanno ragguardevoli scostamenti dall'attuale asse di tracciato e pertanto hanno valenza puramente storica.
- Campagna 2007, eseguita da Italferr nella prima fase di progettazione preliminare e consistente in un sondaggio geognostico (PNIF32G01) profondo 65 m e in 2 rilievi geostrutturali su affioramenti.
- Campagna 2008-2009, eseguita da Italferr nella seconda fase di progettazione preliminare e consistente in 7 sondaggi a carotaggio continuo a profondità dal piano campagna non superiori ai 60 m.
- Campagna 2013-2014, eseguita da Italferr e consistente in 25 sondaggi a carotaggio continuo con profondità massima dal piano campagna pari a 50 m.
- Campagna 2015, eseguita da Italferr e consistente in 2 sondaggi profondi a carotaggio continuo, tra cui il S01, eseguito in asse al tracciato nella zona di massima copertura della galleria e spinto fino al livello del cavo per una profondità dal piano campagna pari a 330 m; 4 rilievi geostrutturali su affioramenti, 3 profili sismici a rifrazione in prossimità degli imbocchi e una sismica a riflessione profonda in asse galleria per quasi il suo intero sviluppo.

9.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, delle prove in situ e di laboratorio hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce che interessano la Galleria Monte Aglio e le sue opere accessorie.

A partire dal modello geologico, considerato il contesto di inserimento delle opere in progetto e le risultanze delle indagini, per la definizione e la caratterizzazione del modello geotecnico di riferimento, sono state fatte le considerazioni di seguito riportate.

Riguardo i Calcari dei Monti Lattari-Picentini-Alburni, poiché i Calcari a radiolitidi (RDT) risultano ben al di sopra del tracciato delle opere in sotterraneo lungo tutto il loro sviluppo, se ne è trascurata la presenza, includendoli nella formazione dei Calcari a rudiste e orbitoline (RDO), e definendo quindi un'unica formazione geotecnica denominata "Calcari dell'unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni (RDO)".

Sulla base dei rilievi e delle indagini, con particolare riferimento agli esiti del sondaggio profondo S01, l'ammasso calcareo appare intensamente fratturato e interessato da frequenti fasce tettonizzate caratterizzate dalla presenza di breccie calcaree, in matrice sabbio-limosa o parzialmente ricementate, tipiche di zone cataclasate.

Riguardo la formazione del Tufo Grigio Campano, e la distinzione tra la litofacies pelitica (TGC3) e quella cineritica (TGC2), descritte al precedente § 9.1, in considerazione della netta prevalenza della litofacies cineritica su quella pelitica rispetto allo sviluppo delle opere, e le risultanze delle prove in situ e di laboratorio,

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

che non hanno evidenziato significative differenze in termini di caratteristiche geotecniche, si è ritenuto di poter assimilare il TGC3 al TGC2, definendo un'unica formazione geotecnica denominata "Tufo grigio campano (TGC)".

Considerazione del tutto analoga è stata fatta per le due litofacies dell'Unità di Maddaloni: quella pelitica (MDL2) e quella sabbioso-limosa (MDL3); anche in questo caso è stata definita un'unica formazione geotecnica denominata "Unità di Maddaloni (MDL)".

Infine, riguardo i depositi superficiali, sono state trascurate le coltri eluvio-colluviali (b2) rappresentate nel modello geologico tra le pk 3+776 e 4+073 della galleria di linea e tra le pk 0+143 e 0+309 della finestra a pk 3+772, in quanto presenti localmente in zone molto superficiali rispetto alle opere in progetto, e pertanto, rispetto a queste, ininfluenti.

Con riferimento alla galleria di linea, come detto, gran parte dello sviluppo del tratto in naturale (all'incirca da pk 3+175 a pk 6+065) attraversa la formazione dei Calcari dell'unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni (RDO). Per questa formazione sono state definite le proprietà di resistenza e deformabilità della matrice litoide intatta, e le caratteristiche delle discontinuità dell'ammasso.

Per la roccia intatta, i valori di resistenza a compressione monoassiale (σ_{ci}) sono stati ricavati dalle prove di laboratorio di compressione monoassiale e dalle prove Point Load; per il modulo elastico (E_i) si è fatto riferimento alle prove di compressione monoassiale e alle prove di velocità sonica su provino. Per la caratterizzazione delle discontinuità si è fatto riferimento principalmente ai rilievi geostrutturali sugli affioramenti.

In Tabella 1 sono sintetizzati i range dei principali parametri geotecnici definiti per questa formazioni (con σ_{cm} e E_{rm} rispettivamente resistenza a compressione monoassiale e modulo elastico dell'ammasso roccioso). I valori minimi degli intervalli definiti in particolare per GSI e σ_{cm} sono da attribuire alle zone tettonizzate.

	RDO Calcari dell'unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni
γ (kN/m ³)	25 - 26
GSI	30 - 60
σ_{ci} (MPa)	30 - 120
E_i (GPa)	30 - 80
σ_{cm} (MPa)	3 - 20
E_{rm} (MPa)	2000 - 20000
c' (kPa)	400 - 1000
φ' (°)	37 - 50

Tabella 1 – Caratterizzazione geotecnica RDO

Nelle zone in prossimità degli imbocchi (fino a pk 3+175 lato Canello e da pk 6+650 lato Benevento) la galleria attraversa formazioni costituite da depositi a granulometria prevalentemente sabbioso limosa (TGC e

MDL, oltre ai depositi e le coltri superficiali). Tra pk 6+065 e pk 6+650 sono invece presenti le argille scagliose (ALV).

Per la definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di queste formazioni si è fatto riferimento ai risultati delle prove penetrometriche di tipo SPT, alle prove di laboratorio e all'elaborazione delle prove sismiche a rifrazione. Per le argille varicolori i dati a disposizione sono stati integrati con dati di letteratura.

In Tabella 1 sono sintetizzati i range dei principali parametri geotecnici definiti per queste formazioni.

	TGC Tufo grigio campano	MDL Unità di Maddaloni	bb1 Depositi alluvionali recenti	b2 Coltri eluvio- colluviali	ALV Argille varicolori
γ (kN/m ³)	16 - 17	17 - 18	18	18	19 - 20
c' (kPa)	0 - 20	10 - 35	0	5 - 15	30 - 55
ϕ' (°)	30 - 36	24 - 33	30 - 35	25 - 30	12 - 25
C_u (kPa)	-	60 - 130	-	50 - 70	per $z < 20\text{m}$ 160 per $z \geq 20\text{m}$ $160 + \frac{90}{10\text{m}}$
E (MPa)	20 - 50	30 - 90	10 - 45	10 - 25	per $z < 20\text{m}$ 40 per $z \geq 20\text{m}$ $40 + \frac{30}{10\text{m}}$

Tabella 2 – Caratterizzazione geotecnica TGC, MDL, bb1, b2, ALV

I modelli geotecnici della galleria di linea e delle finestre trovano completa rappresentazione sugli elaborati grafici (Rif. [19], Rif. [20] e Rif. [21]), cui si rimanda per ulteriori dettagli.

10 FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione.

La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS, di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati di questa analisi consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità delle opere in sotterraneo in fase di scavo e a lungo termine.

10.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l'approccio ADECO-RS la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidezza del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo.

Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo.

Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IFOF	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

10.2 Determinazione delle categorie di comportamento

Per la determinazione delle categorie di comportamento sono stati utilizzati principalmente due metodi di calcolo:

- per le tratte ad alta copertura è stato utilizzato il metodo delle linee caratteristiche (o convergenza-confinamento); tale metodo consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi. Nella fase di diagnosi, poiché la finalità è la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione, le analisi consistono nella valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) senza considerare l'interazione con i sostegni.
- Per le tratte a bassa copertura sono stati utilizzati i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite.

10.3 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Per le opere in sotterraneo in progetto sono state considerate numerose sezioni di analisi nelle diverse condizioni di ammasso e di copertura. Sulla base queste analisi, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

Con riferimento alla tratta in naturale della galleria di linea, per le due tratte di estremità in prossimità degli imbocchi, in cui al fronte sono attesi i depositi sciolti dell'Unità di Maddaloni (MDL) e del Tufo Grigio Campano (TGC), è previsto un comportamento del nucleo-fronte di scavo prevalentemente in categoria C.

Anche nella tratta successiva lato Benevento, che attraversa le Argille Varicolori (ALV), è prevista una categoria di comportamento C, anche se nell'ambito di questa tratta, al di fuori delle fasce cataclamate, è possibile che il fronte esibisca un comportamento di categoria B, in relazione alla risposta non drenata dell'ammasso a breve termine; in ogni caso per il cavo è atteso un comportamento instabile.

Nel settore centrale che attraversa le calcareniti (RDO) è invece previsto un comportamento del nucleo-fronte di scavo prevalentemente stabile (categoria A) anche alle massime coperture; solo localmente, ed in particolare in

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 19 di 36
--	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

corrispondenza delle zone tettonizzate sede di faglie o nelle fasce cataclasate, è atteso un comportamento stabile a breve termine (categoria B).

Per le finestre e le altre opere accessorie i criteri di definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo sono del tutto analoghi a quelli descritti per la galleria di linea.

11 FASE DI TERAPIA

In questo capitolo sono definiti tutti gli interventi necessari a garantire la stabilità degli scavi in galleria (e all'aperto), a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva (§9) e con l'analisi del comportamento deformativo allo scavo condotto in fase di diagnosi (§0).

Per le opere in sotterraneo sono descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive; per gli imbocchi sono descritte le soluzioni progettuali previste in configurazione provvisoria e per la sistemazione definitiva.

11.1 Galleria di linea, tratta in naturale

Per la realizzazione della tratta in naturale della galleria di linea si utilizzerà la tecnica dello scavo in tradizionale mediante avanzamenti a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza variabile in funzione del contesto geomeccanico.

Sono state definite 7 diverse sezioni tipo, intese come complesso inscindibile di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, confinamento, consolidamento, drenaggio e delle relative tecnologie esecutive, denominate A1, A2, B1, B2, C1, C2 e C2p.

Per ciascuna sezione tipo sono previsti eventuali opportuni interventi di presostegno e preconsolidamento e al fronte ed al contorno, l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta.

In relazione al rischio di venute d'acqua concentrate al fronte durante le operazioni di avanzamento dello scavo (§9.1), per ciascuna sezione tipo sono previsti 3+3 drenaggi (eventuali) da realizzare ogni due campi di avanzamento. Per tutte le sezioni tipo è prevista inoltre l'impermeabilizzazione della calotta.

In relazione al rischio di intercettare eventuali cavità carsiche, invece, in considerazione dell'impossibilità di definire posizione e dimensioni di eventuali cavità in modo affidabile, si ritiene di poter procedere come di seguito descritto.

Le perforazioni propedeutiche agli interventi di consolidamento del fronte e del contorno delle diverse sezioni tipo di avanzamento, dovranno essere utilizzate come strumento di indagine e prospezione al fine di individuare la presenza di eventuali cavità in avanzamento. Perforazioni propedeutiche a tale scopo si dovranno prevedere anche per le sezioni tipo A1 (cfr §11.1.1) e A2 (cfr §11.1.2) che non prevedono consolidamenti al fronte.

Eventuali cavità intercettate in fase di perforazione dovranno essere opportunamente riempite con miscele cementizie prima di poter procedere con il consolidamento. Eventuali cavità di piccole dimensioni che possano non essere individuate con tali perforazioni, non costituiscono elemento di criticità per la riuscita dei consolidamenti e la sicurezza delle operazioni di avanzamento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

Ad ogni modo, nelle successive fasi progettuali e prima di dare avvio ai lavori, l'Appaltatore potrà valutare l'opportunità di prevedere eventuali ulteriori mezzi di indagine e terapia rispetto a tale rischio.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, che trovano completa rappresentazione negli elaborati grafici di progetto.

Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo si rimanda invece al profilo geotecnico della galleria Monte Aglio (Rif. [19]).

11.1.1 Sezione tipo A1

La A1 è una sezione cilindrica che non prevede interventi di preconsolidamento del fronte e al contorno e può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A); è la sezione più leggera tra quelle in progetto e ne è prevista l'applicazione, come sezione prevalente, nella tratta all'interno delle calcareniti (RDO), al di fuori delle zone tettonizzate, per coperture fino a circa 200 m; è prevista come sezione eventuale anche per coperture superiori.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,80 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,40 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 70 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta non armata (spessore 60 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

11.1.2 Sezione tipo A2

La A2 è una sezione cilindrica che non prevede interventi di preconsolidamento del fronte e al contorno, ma solo una bullonatura radiale del cavo; come la A1, può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A).

Ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nella tratta all'interno delle calcareniti (RDO), al di fuori delle zone tettonizzate, per coperture superiori ai 200 m; come sezione eventuale è prevista anche per coperture inferiori.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,20 m \pm 20%;
- chiodatura radiale mediante 14/15 chiodi ad ancoraggio continuo \varnothing 24 disposti in raggiera alternate, lunghezza 4,5 m, interasse longitudinale 1,20 m;

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0F	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	21 di 36

- arco rovescio (spessore 80 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
- calotta non armata (spessore 70 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

11.1.3 Sezione tipo B1

La B1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e presostegno al contorno, con campi di avanzamento da 8,5 m; ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente, nelle zone di faglia e nelle zone cataclamate all'interno della tratta delle calcareniti (RDO) con un comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante 30±20% elementi strutturali in VTR, L=14,5 m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 33 tubi in acciaio valvolati, L=12,0 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse 0,4 m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m ± 20%;
- arco rovescio (spessore 90 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore variabile da 50 cm a 115 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

11.1.4 Sezione tipo B2

La B2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte, con campi di avanzamento da 12,0 m; può essere impiegata nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B). Ne è prevista l'applicazione come sezione eventuale in contesti diversi ma principalmente nella tratta che attraversa le argille varicolori (ALV).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante 50±20% elementi strutturali in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 12,0 m;

- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 90 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore 80 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

11.1.5 Sezione tipo C1

La C1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12,0 m; ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nelle due tratte in prossimità degli imbocchi, che attraversano materiali sciolti con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante 30 \pm 20% microtrattamenti in jet-grouting \varnothing 300 armati con elementi strutturali in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m);
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante 61 colonne in jet-grouting \varnothing 600, L=16,5 m (sovrapposizione minima 4,5 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 12,0 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN200 con passo 1,0 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 100 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 60 cm a 135 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

11.1.6 Sezione tipo C2

La C2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10,0 m; ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nella tratta che attraversa le argille varicolori (ALV) al di fuori delle zone cataclosate.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante 40 \pm 20% elementi strutturali in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;

GALLERIA MONTE AGLIO

Relazione tecnica delle opere in sotterraneo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0F	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	23 di 36

- preconsolidamento al contorno realizzato mediante $51\pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=16,0$ m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN200 con passo $1,0$ m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 100 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 90 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

11.1.7 Sezione tipo C2p

La C2p è una sezione cilindrica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10,0 m; la lunghezza dei consolidamenti è tale da garantirne la doppia sovrapposizione sia al fronte sia al contorno; è previsto inoltre l'eventuale impiego della centina puntone come pre-rivestimento in arco rovescio. E' la sezione più pesante tra quelle in progetto e ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nella tratta più difficile da attraversare rappresentata dalla zona di maggior disturbo tettonico all'interno della formazione delle argille varicolori (ALV).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2p, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante $50\pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=24,0$ m (sovrapposizione minima 14,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante $51\pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=24,0$ m (sovrapposizione minima 14,0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 30 cm di spritz-beton fibrorinforzato e centina singola HEB240 con passo $1,0$ m $\pm 20\%$. Eventuale chiusura dell'arco rovescio provvisorio con centina puntone HEB240 con passo $1,00$ m $\pm 20\%$ e 30 cm di spritz-beton;
- arco rovescio (spessore 110 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 0.5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 100 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

Le soluzioni progettuali per l'attraversamento della formazione dei Calcari dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni (RDO) sono state sviluppate con riferimento ad uno scenario di ammasso roccioso

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IFO	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	24 di 36

intensamente fratturato, interessato da ricorrenti fasce cataclasate, come emerso dai rilievi e dalle indagini, e con la possibilità di interferenza con cavità carsiche.

Ciò non esclude la possibilità di attraversamento di porzioni dell'ammasso roccioso a migliore comportamento tensio-deformativo, che potranno essere definite negli approfondimenti di indagine della successiva fase progettuale.

Anche per la tratta delle Argille varicolori (ALV), di difficile caratterizzazione geotecnica, la distribuzione di sezioni tipo definita con sezioni prevalenti C2 e C2p fa riferimento ad uno scenario sfavorevole dal punto di vista della risposta dell'ammasso allo scavo; la sezione tipo B2, prevista come sezione eventuale in questa tratta, potrà essere la risposta a scenari più favorevoli rispetto a quelli individuati in questa fase di progettazione.

11.2 Galleria di linea, Imbocco lato Canello

Come anticipato al §7.1, la tratta di imbocco lato Canello, si sviluppa in adiacenza al cimitero di Maddaloni e a Via della Vigna, in una zona caratterizzata da un piano campagna praticamente orizzontale; è costituita da un primo tratto in sezione scatolare lungo 101 m da pk 2+774,74 a pk 2+875,74, e, a seguire, da un tratto a sezione policentrica lungo 119 m da pk 2+875,74 a pk 2+994,74, dove è posta la sezione di attacco.

Le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono costituite da paratie di pali trivellati in c.a. Ø1000 mm posti ad interasse di 1,2 m. L'esecuzione delle paratie di pali è preceduta da un pre-scavo di pochi metri finalizzato a ridurre la lunghezza dei pali e le altezze libere di scavo.

Nel tratto in scatolare le paratie hanno carattere definitivo e sono collegate da solette in calcestruzzo armato: sia la soletta superiore, a copertura della galleria artificiale, che la soletta inferiore, posta sotto la quota del piano del ferro, hanno spessore pari a 1 m.

La scelta di prevedere questo tratto a sezione scatolare tra pali è dettata dalla necessità di risolvere l'interferenza col fosso Carmignano, che come detto, attraversa il tracciato in corrispondenza della pk 2+765 circa, appena prima dell'imbocco della galleria.

In sintesi è prevista una opportuna deviazione del fosso a monte, in modo tale che nella sua sistemazione definitiva potrà passare al di sopra della soletta di copertura dello scatolare, all'incirca in corrispondenza della pk 2+800. Per rendere compatibili le quote idrauliche di attraversamento del fosso e le opere di linea in progetto, la quota di intradosso della soletta di copertura dello scatolare è ribassata a 6,15 m sul piano del ferro.

In questo tratto di scatolare, dunque, lo scavo tra pali è previsto dal basso, in modo da poter procedere con la sistemazione definitiva del fosso non appena completati il pre-scavo, le paratie di pali e la soletta di copertura; raggiunta la quota di fondo scavo si realizza il solettone di fondo ed infine si procede al completamento delle pareti interne dello scatolare con fodere in calcestruzzo di spessore 25 cm gettate in opera.

Risolta l'interferenza col fosso, per poter procedere col resto delle opere in progetto per l'imbocco, è necessario risolvere anche l'altra interferenza segnalata al §7.1 rappresentata da Via della Vigna. Per la risoluzione di tale interferenza è prevista una deviazione provvisoria della strada e dei relativi svincoli a monte della paratia frontale.

Nel tratto di policentrica le paratie hanno carattere provvisoriale e sono contrastate da puntoni e/o tiranti in funzione delle diverse altezze di scavo. Nella tratta con le massime altezze di scavo, in prossimità della paratia frontale, le paratie sono contrastate da un ordine di puntoni in corrispondenza del cordolo di coronamento in

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0F	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	25 di 36

calcestruzzo armato e da un ordine di tiranti a 8 m dalla quota di testa del cordolo; per altezze di scavo inferiori è previsto un solo ordine di tiranti a 3 m dalla quota di testa del cordolo.

I puntoni, costituiti da tubi in acciaio con diametro esterno di 403,36 mm e spessore di 12,5 mm, sono uniformemente distribuiti ad un interasse costante di 6 m. In corrispondenza della paratia frontale sono previsti due puntoni angolari aggiuntivi, posti a 45° rispetto alle paratie.

I tiranti, di lunghezza variabile tra 23 e 27 m, sono posti ad interasse longitudinale di 2,4 m con inclinazioni sull'orizzontale fino a 20°. Sono tiranti provvisori a 3 trefoli di acciaio armonico per c.a.p. da 0.6".

Tramite apposite piastre di ripartizione, l'azione concentrata di contrasto dei tiranti è distribuita sui pali dalle travi di collegamento, costituite da un doppio profilato in acciaio S275 della serie UPN220.

Per evitare locali accumuli d'acqua a tergo delle opere di sostegno, sono previsti drenaggi corticali costituiti da tubi microfessurati in PVC lunghi 3 m.

Preventivamente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto della paratia frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in calcestruzzo lunga 5 m, armata all'intradosso con centine metalliche.

Un adeguato sistema con cunettone - fosso di guardia al contorno dell'area e canalette di raccolta e smaltimento a tergo delle paratie consente il controllo e la regimazione delle acque di superficie a presidio dell'area di cantiere.

Per la sistemazione definitiva dell'imbocco è previsto un ritombamento con completo ricoprimento degli scavi d'approccio e delle strutture di sostegno provvisori, finalizzato a ristabilire la configurazione geometrica del profilo originario del piano campagna.

Le soluzioni progettuali appena descritte, con riferimento alla configurazione provvisoria e alla sistemazione definitiva, trovano completa rappresentazione sui relativi elaborati grafici specialistici allegati al progetto, cui si rimanda per gli approfondimenti.

11.3 Galleria di linea, Imbocco lato Benevento

La tratta di imbocco lato Benevento si sviluppa in adiacenza alla linea ferroviaria esistente e alla S.S. 265 nel Comune di Valle di Maddaloni, in una zona caratterizzata da un piano campagna praticamente orizzontale; è costituita da un primo tratto in sezione scatolare lungo 59,29 m da pk 6+970,00 a pk 6+910,74, e a seguire da un tratto a sezione policentrica lungo 58 m da pk 6+910,74 a pk 6+852,74, dove è posta la sezione di attacco.

E' oggetto del presente documento la sola parte a sezione policentrica; per la tratta a sezione scatolare si rimanda agli elaborati specialistici allegati al progetto (Rif. [18]).

Le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono costituite da paratie di pali trivellati in c.a. Ø1000 mm posti ad interasse di 1,2 m. L'esecuzione delle paratie di pali è preceduta da un pre-scavo di pochi metri finalizzato a ridurre la lunghezza dei pali e le altezze libere di scavo.

Le paratie hanno carattere provvisoriale e sono contrastate da puntoni e/o tiranti in funzione delle diverse altezze di scavo. Nella tratta con le massime altezze di scavo, in prossimità della paratia frontale, le paratie sono contrastate da un ordine di puntoni in corrispondenza del cordolo di coronamento in calcestruzzo armato e da un ordine di tiranti a 8 m dalla quota di testa del cordolo; per altezze di scavo inferiori è previsto un solo ordine di tiranti a 3 m dalla quota di testa del cordolo.

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 26 di 36
--	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

I puntoni, costituiti da tubi in acciaio con diametro esterno di 403,36 mm e spessore di 12,5mm, sono uniformemente distribuiti ad un interasse costante di 6 m. In corrispondenza della paratia frontale sono previsti due puntoni angolari aggiuntivi, posti a 45° rispetto alle paratie.

I tiranti, di lunghezza variabile tra 27 e 29 m, sono posti ad interasse longitudinale di 2,4 m con inclinazioni sull'orizzontale fino a 20°. Sono tiranti provvisori a 3 trefoli di acciaio armonico per c.a.p. da 0.6”.

Tramite apposite piastre di ripartizione, l'azione concentrata di contrasto dei tiranti è distribuita sui pali dalle travi di collegamento, costituite da un doppio profilato in acciaio S275 della serie UPN220.

Per evitare locali accumuli d'acqua a tergo delle opere di sostegno, sono previsti drenaggi corticali costituiti da tubi microfessurati in PVC lunghi 3 m.

Preventivamente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto della paratia frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in calcestruzzo lunga 5 m, armata all'intradosso con centine metalliche.

Un adeguato sistema con cunettone - fosso di guardia al contorno dell'area e canalette di raccolta e smaltimento a tergo delle paratie consente il controllo e la regimazione delle acque di superficie a presidio dell'area di cantiere.

Per la sistemazione definitiva dell'imbocco è previsto un ritombamento con completo ricoprimento degli scavi d'approccio, e delle strutture di sostegno provvisori, finalizzato a ristabilire la configurazione geometrica del profilo originario del piano campagna.

Le soluzioni progettuali appena descritte con riferimento alla configurazione provvisoria e alla sistemazione definitiva, trovano completa rappresentazione sui relativi elaborati grafici specialistici allegati al progetto, cui si rimanda per gli approfondimenti.

11.4 Uscite di emergenza

11.4.1 Finestre costruttive, tratte in naturale

Per la realizzazione delle tratte in naturale delle due finestre costruttive, si utilizzerà la tecnica dello scavo in tradizionale mediante avanzamenti a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza variabile in funzione del contesto geomeccanico.

Sono state definite 5 diverse sezioni tipo, denominate A1, A2, B1, B2 e C2, del tutto analoghe a quelle corrispondenti della galleria di linea, descritte al precedente §11.1. In funzione del diverso contesto di inserimento delle due finestre, le sezioni tipo B2 e C2, sono previste applicate solo per la finestra a pk 5+498.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, che trovano completa rappresentazione negli elaborati grafici di progetto.

Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo per le due finestre si rimanda ai profili geotecnici Rif. [20] e Rif. [21].

Sezione tipo A1

La A1 è una sezione cilindrica che non prevede interventi di preconsolidamento del fronte e al contorno e può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A); è la sezione più

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IFOF	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	27 di 36

leggera tra quelle in progetto e ne è prevista l'applicazione, come sezione prevalente, nella tratta all'interno delle calcareniti (RDO), al di fuori delle zone tettonizzate, per coperture fino a circa 200 m; è prevista come sezione eventuale anche per coperture superiori.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,80 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,40 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 60 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta non armata (spessore 50 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

Sezione tipo A2

La A2 è una sezione cilindrica che non prevede interventi di preconsolidamento del fronte e al contorno, ma solo una bullonatura radiale del cavo; come la A1, può essere impiegata solo nelle tratte con comportamento del nucleo-fronte stabile (categoria A).

Ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nella tratta all'interno delle calcareniti (RDO), al di fuori delle zone tettonizzate, per coperture superiori ai 200 m; come sezione eventuale è prevista anche per coperture inferiori.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione A2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,20 m \pm 20%;
- chiodatura radiale mediante 10/11 chiodi ad ancoraggio continuo \varnothing 24 disposti in raggiera alternate, lunghezza 4,5 m, interasse longitudinale 1,20 m;
- arco rovescio (spessore 70 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
- calotta non armata (spessore 60 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

Sezione tipo B1

La B1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e presostegno al contorno, con campi di avanzamento da 8,5 m; ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente, nelle zone di faglia e nelle zone cataclamate all'interno della tratta delle calcareniti (RDO) con un comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B).

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0F	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	28 di 36

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante $20\pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=14,5$ m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 23 tubi in acciaio valvolati, $L=12,0$ m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse 0,4 m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo $1,0$ m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 80 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore variabile da 50 cm a 115 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

Sezione tipo B2

La B2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte, con campi di avanzamento da 10,0 m; ne è prevista l'applicazione come sezione eventuale nelle zone di faglia all'interno delle calcareniti con comportamento del nucleo-fronte stabile a breve termine (categoria B).

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione B2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante $25\pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=20,0$ m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10,0 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo $1,0$ m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 80 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore 70 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

Sezione tipo C2

La C2 è una sezione cilindrica che prevede interventi di preconsolidamento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10,0 m; ne è prevista l'applicazione come sezione prevalente nella breve tratta a fronte misto b2/RDO prevista a partire dalla sezione di attacco all'inizio della finestra a pk 5+498.

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IFOF	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	29 di 36

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C2, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante $21 \pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=20,0$ m (sovrapposizione minima $10,0$ m) cementati in foro con miscele cementizie;
- preconsolidamento al contorno realizzato mediante $41 \pm 20\%$ elementi strutturali in VTR, $L=16,0$ m (sovrapposizione minima $6,0$ m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori $5+5$ elementi strutturali in VTR al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di $1,0$ m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a $10,0$ m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo $1,0$ m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 90 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 80 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

11.4.2 Imbocco finestra pk 3+772

L'imbocco della finestra a pk 3+772 è impostato su una parete molto acclive, con inclinazione media di circa 80° , relativa ad un affioramento di calcareniti (RDO); con ogni probabilità si tratta della parete di una cava dismessa.

Per preparare la parete alla sezione di attacco in naturale, sono previsti piccoli scavi corticali, frontali e laterali rispetto all'imbocco, con pendenze $1:10$ (orizzontale: verticale).

E' inoltre previsto un consolidamento superficiale dell'ammasso con chiodi in acciaio, rete metallica a doppia torsione e funi passanti, che definisce anche la sistemazione definitiva dell'imbocco.

In particolare tale consolidamento consiste in una maglia ($1,5 \times 1,5$ m) di chiodi costituiti da barre metalliche $\varnothing 24$ ad aderenza continua, lunghe $4,5$ m e con una piastra di ripartizione in testa. A completamento della maglia di chiodi è prevista la posa di una rete in acciaio a doppia torsione a maglia esagonale 8×10 cm, armata con funi passanti in trefoli di acciaio.

Preventivamente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto della paratia frontale è prevista l'esecuzione di una dima in calcestruzzo, di lunghezza pari a $5,0$ m, armata all'intradosso con centine metalliche.

Considerata la geometria della parete di attacco pressoché verticale, il tratto all'aperto di galleria artificiale è molto breve e sostanzialmente limitato al solo portale di imbocco che presenta la tipica configurazione a berretto di fantino; è a sezione policentrica con spessori di $0,9$ m in calotta, $0,8$ m in arco rovescio e (minimo) ai piedritti.

Le soluzioni progettuali appena descritte con riferimento alla configurazione provvisoria e alla sistemazione definitiva, trovano completa rappresentazione sui relativi elaborati grafici specialistici allegati al progetto, cui si rimanda per gli approfondimenti.

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IFOF	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	30 di 36

11.4.3 Imbocco finestra pk 5+498

L'imbocco della finestra a pk 5+498 è impostato in un versante con inclinazione di circa 13°; le opere di stabilizzazione e sostegno degli scavi sono costituite da paratie di micropali multi-tirantate.

In particolare, sono previsti micropali Ø250 mm armati con profilati in acciaio Ø193,7 mm e spessore 10 mm, posti ad interasse di 0,4 m e collegati in testa da un cordolo di coronamento in calcestruzzo armato.

Le paratie hanno carattere provvisoria e sono contrastate da diversi ordini di tiranti in funzione delle diverse altezze di scavo. Nella tratta con le massime altezze di scavo, in prossimità della paratia frontale, le paratie sono contrastate da 3 ordini di tiranti; con l'altezza di scavo minima si passa ad un unico ordine di tiranti.

I tiranti, di lunghezza variabile tra 14,5 e 23 m, sono posti ad interasse longitudinale di 2,4 m con inclinazioni sull'orizzontale fino a 20°. Sono tiranti provvisori a 3 e 6 trefoli di acciaio armonico per c.a.p. da 0.6".

Tramite apposite piastre di ripartizione, l'azione concentrata di contrasto dei tiranti è distribuita sui micropali dalle travi di collegamento, costituite da un doppio profilato in acciaio S275 della serie UPN220.

Per evitare locali accumuli d'acqua a tergo delle opere di sostegno, sono previsti drenaggi corticali costituiti da tubi microfessurati in PVC lunghi 3 m.

Preventivamente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto della paratia frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in calcestruzzo lunga 5 m, armata all'intradosso con centine metalliche.

Un adeguato sistema con cunettone - fosso di guardia al contorno dell'area e canalette di raccolta e smaltimento a tergo delle paratie consente il controllo e la regimazione delle acque di superficie a presidio dell'area di cantiere.

Per la sistemazione definitiva dell'imbocco è previsto un ritombamento con completo ricoprimento degli scavi d'approccio, e delle strutture di sostegno provvisorie, finalizzato a ristabilire la configurazione geometrica del profilo originario del piano campagna.

Il portale d'imbocco presenta la tipica configurazione a becco di flauto e si estende per una lunghezza complessiva di 17,5 m con pendenza di circa 25° sull'orizzontale; è a sezione policentrica con spessori di 0,9 m in calotta, 0,8 m in arco rovescio e (minimo) ai piedritti.

Le soluzioni progettuali appena descritte con riferimento alla configurazione provvisoria e alla sistemazione definitiva, trovano completa rappresentazione sui relativi elaborati grafici specialistici allegati al progetto, cui si rimanda per gli approfondimenti.

11.4.4 Cameroni di manovra

Sono previsti cameroni di manovra su entrambe le finestre, in prossimità dell'innesto con la galleria di linea, con la funzione di garantire in fase di esercizio uno spazio di manovra ai mezzi di soccorso di dimensioni 15x15 m.

Verranno realizzati con la tecnica dello scavo in tradizionale. Trattandosi di due opere puntuali, è stata definita un'unica sezione tipo di scavo e consolidamento, con alcuni interventi previsti come eventuali, così da poter disporre di opportuni adattamenti alle reali condizioni che si risconteranno in corso d'opera.

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IFOF	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	31 di 36

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti di tale sezione, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- (eventuale) preconsolidamento del fronte realizzato mediante 50±20% elementi strutturali in VTR, L=20,0 m (sovrapposizione minima 10,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- (eventuale) presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 43 tubi in acciaio valvolati, L=18,0 m (sovrapposizione minima 8,0 m, interasse 0,4 m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 25 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN200 con passo 1,0 m ± 20%. Chiodatura radiale mediante 21/22 chiodi ad ancoraggio continuo Ø24 disposti in raggiera alternate, lunghezza 6,0 m, interasse longitudinale 1,0 m;
- arco rovescio (spessore 100 cm) e murette in calcestruzzo armato;
- calotta armata (spessore 100 cm).

11.4.5 Sezioni di innesto

Per le due finestre costruttive, dopo il camerone di manovra, è prevista la realizzazione della sezione di innesto con la galleria di linea, che rispetto a quest'ultima, ha la medesima sezione tipo di intradosso.

In considerazione del fatto che le sezioni di innesto saranno realizzate in condizioni di ammasso disturbato per effetto dello scavo della grande sezione dei cameroni di manovra, e che successivamente dalla sezione di innesto dovranno partire i due fronti di scavo della galleria di linea, anche se dal profilo geotecnico (Rif. [19]) risultano condizioni favorevoli all'impiego di una sezione più leggera, per le sezioni di innesto è previsto l'impiego della sezione tipo B1 della galleria di linea (cfr §11.1.3).

11.4.6 Cunicolo di sfollamento, tratta in naturale

Per la realizzazione del cunicolo di sfollamento si utilizzerà la tecnica dello scavo in tradizionale mediante avanzamenti a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza variabile in funzione del contesto geomeccanico. Sono state definite 3 diverse sezioni tipo, denominate A1, A2 e B1 del tutto analoghe a quelle corrispondenti della galleria di linea.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti ciascuna sezione tipo, ordinati secondo le fasi esecutive previste; per la distribuzione delle diverse sezioni tipo lungo il cunicolo di sfollamento, nonché i criteri di applicazione delle stesse, si rimanda a quanto previsto nel corrispondente tratto della galleria di linea che corre parallela a breve distanza.

Sezione tipo A1

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,80 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,40 m ± 20%;

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF0F	01	D 07 RH	GN 00 00 001	A	32 di 36

- arco rovescio (spessore 60 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri;
- calotta non armata (spessore 50 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

Sezione tipo A2

- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,20 m \pm 20%;
- chiodatura radiale mediante 7/8 chiodi ad ancoraggio continuo \varnothing 24 disposti in raggiera alternate, lunghezza 3,0 m, interasse longitudinale 1,20 m;
- arco rovescio (spessore 70 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri;
- calotta non armata (spessore 60 cm) gettata ad una distanza non vincolata dal fronte.

Sezione tipo B1

- preconsolidamento del fronte realizzato mediante 20 \pm 20% elementi strutturali in VTR, L=14,5 m (sovrapposizione minima 6,0 m) cementati in foro con miscele cementizie;
- presostegno al contorno (entro un angolo di 120° in calotta) realizzato mediante 15 tubi in acciaio valvolati, L=12,0 m (sovrapposizione minima 3,5 m, interasse 0,4 m);
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8,5 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1,0 m \pm 20%;
- arco rovescio (spessore 80 cm) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta armata (spessore variabile da 40 cm a 105 cm) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 4 diametri.

11.4.7 Camere di manovra e allarghi per incrocio mezzi

Come detto al §7.2, il cunicolo di sfollamento è dotato di zone di allargo per l'incrocio dei mezzi ogni 250 m, e di camere di manovra alle due estremità, con la stessa sezione di intradosso delle finestre costruttive. Per la realizzazione di tali opere si rimanda pertanto alle sezioni tipo di scavo e consolidamento delle finestre e ai relativi criteri di applicazione (§11.2).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I LOTTO FUNZIONALE CANCELLO – FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO DEFINITIVO					
	GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A

11.4.8 Cunicoli pedonali

Ognuna delle quattro uscite di emergenza è dotata di un cunicolo pedonale che, sottopassando la galleria di linea, consente l'esodo in sicurezza dei passeggeri anche dal marciapiede opposto al lato dei percorsi di esodo verso l'esterno. La larghezza del camminamento all'interno dei cunicoli pedonali è pari a 2,40 m.

Verranno realizzati con la tecnica dello scavo in tradizionale. Trattandosi di interventi puntuali, come per i cameroni di manovra, è stata definita un'unica sezione tipo di scavo e consolidamento, con alcuni interventi previsti come eventuali, così da poter disporre di opportuni adattamenti alle reali condizioni che si risconteranno in corso d'opera

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti di tale sezione, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- (eventuale) bullonatura in avanzamento mediante 9 chiodi ad ancoraggio continuo Ø24, lunghezza 4,5 m, interasse longitudinale 2,40 m, inclinati a 45°;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime 2,40 m;
- pre-rivestimento (ad ogni sfondo) composto da 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN140 con passo 1,2 m ± 20%.
- arco rovescio (spessore 60 cm) e murette in calcestruzzo armato;
- calotta non armata (spessore 50 cm).

11.5 Interferenze

Come anticipato al §7.1, lato Benevento sono presenti alcune interferenze a piano campagna in corrispondenza del tratto iniziale della galleria naturale a bassa copertura; si tratta per lo più di edifici industriali e di civili abitazioni distribuiti lungo la S.S. 265 nel Comune di Valle di Maddaloni.

Per tali interferenze è stato condotto uno studio sui potenziali effetti indotti dalla subsidenza prodotta dallo scavo della galleria, che si è basato sui dati provenienti dai rilievi cartografici aggiornati alla presente fase progettuale, integrati con gli esiti del sopralluogo effettuato sul campo, unitamente alla caratterizzazione geotecnica dei materiali presenti, e alle sezioni tipo di intervento definite per la galleria nella tratta in oggetto.

Individuati gli edifici potenzialmente interferenti con la realizzazione delle opere in progetto, ubicati nel tratto compreso tra le pk 6+270 e 6+852,74 (a monte della pk 6+270 la galleria è profonda oltre 50 m e gli effetti indotti in superficie possono considerarsi trascurabili) la metodologia di lavoro si è articolata nelle seguenti fasi:

1. Studio della subsidenza: definizione dei cedimenti potenzialmente indotti sulle interferenze a piano campagna dallo scavo della galleria mediante metodi semi-empirici di determinazione delle curve di subsidenza (Attewell et al. 1986).
2. Studio del danneggiamento degli edifici senza interazione terreno-struttura: valutazione dei danni potenzialmente indotti sulle opere in superficie dalle curve di subsidenza definite al punto 1, mediante il metodo semplificato della "trave equivalente" (Burland, 1995; Mair, Taylor, Burland, 1996); tale metodo di calcolo non considera la rigidità degli edifici e l'interazione terreno-struttura, e per questo, tipicamente, sovrastima la previsione di danno.

3. Studio del danneggiamento degli edifici con interazione terreno-struttura semplificata: valutazione dei danni potenzialmente indotti sulle opere in superficie utilizzando un procedimento semi-empirico (Franzius, 2003) in grado di tener conto, seppur in via approssimata, dell'interazione terreno-struttura.

Con riferimento alla classificazione delle categorie di danno sintetizzate nelle Tabelle 3 e 4, e ai metodi di calcolo semplificati sopra descritti, i risultati delle previsioni di danno sulle potenziali interferenze censite a piano campagna sono rappresentati sinteticamente sull'elaborato grafico dedicato (Rif. [22]).

Categoria di danno	Intensità del danno*	Deformazione limite di allungamento ϵ_{lim} (%)
0	Trascurabile	0,00 ÷ 0,05
1	Molto lieve	0,05 ÷ 0,075
2	Lieve	0,075 ÷ 0,15
3	Moderata	0,15 ÷ 0,30
4 a 5	Da severa a molto severa	> 0,30

Tabella 3 – Categorie di danno e deformazioni limite corrispondenti (Boscardin e Cording, 1989)

Categoria di danno	Descrizione
0	Fessure capillari con apertura ≤ 0.1 mm
1	Fessure sottili cui si rimedia facilmente con lavori di tinteggiatura. Il danno in genere è limitato agli intonaci delle pareti interne. Fessure alle pareti esterne rilevabili con attento esame. Tipica apertura delle lesioni ≤ 1 mm
2	Fessure facilmente stuccabili, tinteggiatura necessaria. Le fessure ricorrenti possono essere mascherate con opportuni rivestimenti. Fessure visibili anche all'esterno: può essere necessaria qualche ripresa della stillatura per garantire l'impermeabilità. Possibili difficoltà nell'apertura di porte e finestre. Tipica apertura delle lesioni ≤ 5 mm
3	Le fessure richiedono cucì e scuci della muratura. Anche all'esterno sono necessari interventi sulla muratura. Possibile blocco di porte e finestre. Rottura di tubazioni. Spesso l'impermeabilità non è garantita. Tipica apertura delle lesioni $5 \div 15$ mm oppure numero elevato di lesioni con apertura ≤ 3 mm
4	Necessarie importanti riparazioni, compresa demolizione e ricostruzione di parti di muri, specie al di sopra di porte e di finestre. I telai di porte e di finestre si distorcono: percepibile pendenza dei pavimenti. Muri inclinati o spanciati; qualche perdita d'appoggio di travi. Tubazioni distrutte. Tipica apertura delle lesioni $15 \div 25$ mm, dipendente anche dal numero delle lesioni
5	Richiesti importanti lavori con parziale o totale demolizione e ricostruzione. Le travi perdono l'appoggio, i muri si inclinano fortemente e richiedono puntellatura. Pericolo di instabilità. Tipica apertura delle lesioni ≤ 25 mm, dipendente anche dal numero delle lesioni

Tabella 4 – Categoria di danno ed effetti associati

Tutte le interferenze sono risultate in categoria di danno al più lieve (categoria 2); fa eccezione un solo edificio, posizionato in corrispondenza della pk 6+500 circa, per il quale invece la previsione di danno ha evidenziato il rischio di danni moderati (categoria 3).

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 35 di 36
--	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

In questo caso specifico, considerato il carattere semplificato e conservativo dei metodi di analisi impiegati, si è ritenuto necessario eseguire un approfondimento di calcolo mediante analisi numerica, con cui poter fare una valutazione di maggior dettaglio sulla subsidenza attesa a piano campagna nella tratta in questione, in relazione al contesto geotecnico atteso e alle fasi costruttive della galleria previste dalla sezione tipo di intervento definita.

La modellazione numerica ha evidenziato uno scenario molto meno gravoso in termini di cedimenti a piano campagna; nel tratto in oggetto, infatti, il fronte della galleria è completamente all'interno della formazione delle argille varicolori (ALV) e la sua risposta allo scavo avviene in condizioni non drenate; le deformazioni che si sviluppano al contorno della galleria e in superficie, pertanto, risultano modeste, con cedimenti massimi più che dimezzati rispetto a quanto ipotizzato con i metodi semplificati, e tali da non costituire alcun pericolo per il fabbricato.

Tenuto conto di questo ulteriore step di approfondimento di analisi è possibile concludere che anche per questo edificio sono attesi al più danni lievi. Pertanto, rispetto al tema delle interferenze in superficie, non sono necessari interventi progettuali di salvaguardia.

Nel tratto di galleria in oggetto le operazioni di scavo dovranno comunque essere condotte nel pieno rispetto di tutte le procedure di controllo, e con la verifica continua dei dati di monitoraggio rispetto alle previsioni progettuali e alle soglie di intervento.

A presidio delle interferenze è previsto infatti un opportuno sistema di monitoraggio (§12) con cui poter seguire in corso d'opera l'evoluzione di eventuali deformazioni sugli edifici all'avanzare del fronte di scavo.

12 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare le sezioni di scavo e consolidamento previste, ottimizzandole nell'ambito delle variabilità previste in progetto. Con riferimento alla galleria di linea, in sintesi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo mediante installazione di stazioni di convergenza a 5 mire (3 mire per le sezioni di scavo più piccole delle finestre costruttive e del cunicolo di sfollamento);
- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, laddove previsto;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e strain gauges;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche;
- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il controllo topografico degli spostamenti sugli edifici interferenti all'imbocco lato Benevento.

Il sistema di monitoraggio dovrà essere predisposto in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed

GALLERIA MONTE AGLIO Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	COMMESSA IF0F	LOTTO 01	CODIFICA D 07 RH	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 36 di 36
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette in modo da poter essere confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) al fine di consentire la verifica e la messa a punto del progetto, e la gestione delle variabilità previste.

Per ulteriori dettagli riguardo le frequenze delle letture e gli altri aspetti legati al monitoraggio delle opere minori si rimanda agli elaborati specialistici allegati al progetto.

13 CONCLUSIONI

Nell'ambito della Progettazione Definitiva per il raddoppio della linea Canello-Benevento sull'itinerario Napoli-Bari ed in particolare nel primo lotto funzionale compreso tra Canello e la Stazione di Frasso Telesino/Dugenta, è prevista la realizzazione della galleria Monte Aglione, una galleria naturale a doppio binario lunga oltre 4 Km.

Completano il progetto delle opere in sotterraneo i 2 imbocchi della galleria di linea, e le 4 uscite/accessi di emergenza intermedie (tra cui due finestre costruttive), previste in accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.

La progettazione delle opere in sotterraneo in progetto è stata condotta secondo il Metodo ADECO-RS (cfr. Rif. [23]) che si articola nelle seguenti fasi:

- **fase conoscitiva:** è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
- **fase di diagnosi:** si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
- **fase di terapia:** sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.
- **fase di verifica e messa a punto:** il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto.