

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

FINESTRE FUNES E FORCH RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

SCALA:

-

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

IBL1 1A D 07 RG GN0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per ottemperanza prescrizioni	A. Coluccio <i>A. Coluccio</i>	Ott. 2017	S. Vagnozzi <i>S. Vagnozzi</i>	Ott. 2017	C. Mazzocchi	Ott. 2017	A. Sciotti Marzo 2018
B	Emissione per ottemperanza prescrizioni	A. Coluccio <i>A. Coluccio</i>	Marzo 2018	S. Vagnozzi <i>S. Vagnozzi</i>	Marzo 2018	C. Mazzocchi <i>C. Mazzocchi</i>	Marzo 2018	ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti Ordine degli Ingegneri di Roma n° 19646 <i>AS</i>

File: IBL1 1A D 07 RG GN 0000 001 B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	5
3.2	NORMATIVE NON COGENTI E RACCOMANDAZIONI	5
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
	ALLEGATI	8
5	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	8
6	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	8
6.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	8
6.1.1	<i>Finestra Forch (ex Finestra Aica-Varna Forch)</i>	8
6.1.2	<i>Finestra Albes</i>	10
6.1.3	<i>Finestra Funes</i>	11
6.1.4	<i>Finestra Chiusa</i>	13
6.2	SEZIONI TIPO DI INTRADOSSO	14
6.2.1	<i>Finestra Forch</i>	14
6.2.2	<i>Finestra Albes</i>	15
6.2.3	<i>Finestra Funes</i>	15
6.2.4	<i>Finestra Chiusa</i>	16
7	INTERFERENZE	16
7.1	INTERFERENZA DELLA FINESTRA FORCH CON L'AUTOSTRADA A22, LA LINEA FERROVIARIA DEL BRENNERO E LA STRADA S.S.12 DEL BRENNERO	17

7.2	INTERFERENZA DELLA FINESTRA FUNES CON L'AUTOSTRADA A22 E LA STRADA SP 241	17
8	METODOLOGIA DI LAVORO	17
9	FASE CONOSCITIVA	17
9.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	17
9.1.1	<i>Formazioni attraversate lungo il tracciato delle gallerie naturali.....</i>	18
10	FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO ALLO SCAVO	18
10.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	19
10.1.1	<i>Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.....</i>	20
10.2	RISCHI POTENZIALI CONNESSI CON LA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE	21
11	FASE DI TERAPIA	22
11.1	METODOLOGIA DI SCAVO	22
11.1.1	<i>Criteri di scelta del sistema di scavo.....</i>	22
11.1.2	<i>Metodo di scavo tradizionale</i>	22
11.2	SEZIONI TIPO ADOTTATE.....	23
11.2.1	<i>Finestra Funes - Sezione tipo C1bis.....</i>	23
11.3	RISCHI POTENZIALI CHE INCIDONO SULLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE	24
11.3.1	<i>Instabilità del fronte e del cavo</i>	24
11.3.2	<i>Fenomeni di squeezing ed elevate deformazioni (convergenze ed estrusioni)</i>	25
11.3.3	<i>Spinte dissimmetriche.....</i>	25
11.3.4	<i>Risentimenti sulle infrastrutture sottoattraversate</i>	25
12	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	28
12.1	IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE REALIZZATIVA.....	28
13	CONCLUSIONI	30

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono riepilogati gli aspetti principali della Progettazione Definitiva delle parti variate di alcune delle opere civili in sotterraneo riguardanti il 1° lotto prioritario “Fortezza-Ponte Gardena”, ubicato nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano, nell’ambito del quadruplicamento della linea Verona-Fortezza di Accesso Sud alla Galleria del Brennero. Tali modifiche si rendono necessarie al fine di ottemperare alle prescrizioni contenute nella Delibera CIPE n. 8/2017.

Tali opere sono costituite dalla Finestra Forch, la cui configurazione viene modificata rispetto a quanto previsto in Progetto Definitivo del 2013, e dalla Finestra costruttiva Funes, interamente in variante rispetto al Progetto Definitivo. Un ulteriore recepimento di una delle prescrizioni della delibera menzionata è costituito dall’ottimizzazione da apportare all’occupazione del piazzale previsto in corrispondenza della Finestra Albes.

Inoltre, a seguito dell’applicazione delle STI SRT del 2015, intervenute successivamente alla redazione del progetto definitivo, si rende necessario l’adeguamento dei Punti Antincendio (FFP) agli imbocchi delle gallerie, con particolare riferimento al FFP Ponte Isarco, tra gli imbocchi, rispettivamente, Nord della Galleria Gardena e Sud della Galleria Scaleres. Tra le opere facenti parti del FFP Ponte Isarco, è prevista una galleria pedonale di sfollamento, collocata tra le due gallerie di linea tra il primo by-pass a circa 50m dall’imbocco Nord della Galleria Gardena e l’innesto della Finestra Funes.

Infine, come conseguenza degli approfondimenti del modello geologico delle opere in sotterraneo, per la Finestra Chiusa l’ampliamento dell’area interessata da un deposito di frana inattivo in prossimità dell’imbocco della finestra ha portato a valutare l’opportunità di spostare l’ubicazione delle opere d’imbocco al fine di collocarle al di fuori dell’area stessa.

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è illustrare i risultati della progettazione definitiva delle parti variate delle opere in sotterraneo presenti nella tratta Ponte Gardena-Fortezza (1° lotto), sviluppata recependo le prescrizioni CIPE della Delibera n.8/2017.

Gli obiettivi della progettazione definitiva per le opere in sotterraneo sono i seguenti:

- definizione della geometria e delle caratteristiche tecniche delle opere;
- classificazione di terreni/rocce interessati dalla realizzazione delle gallerie;
- individuazione delle problematiche connesse al comportamento dei terreni/rocce in fase di scavo in funzione del quadro geologico, idrogeologico e geotecnico;
- definizione delle modalità realizzative (tradizionale e/o meccanizzato) e delle sezioni tipo di scavo;
- definizione dei tempi e dei costi di costruzione delle opere.

Nei successivi paragrafi, dopo aver illustrato la metodologia di lavoro, sono sviluppati i temi legati alla progettazione delle gallerie, con particolare riferimento alle problematiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche, agli aspetti realizzativi e ai requisiti in termini di sicurezza.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

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] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;

3.2 **Normative non cogenti e raccomandazioni**

- Rif. [6] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- Rif. [7] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;

3.3 **Prescrizioni e specifiche tecniche (RFI, ITF)**

- Rif. [8] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A “Manuale di Progettazione delle opere civili ” datato Dicembre 2016;
- Rif. [9] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” datato Dicembre 2015.

4 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

4.1 **Documenti Referenziati**

- Rif. [10] Italferr, U.O. Gallerie, documenti del Progetto Definitivo 2013 “Asse Ferroviario Monaco - Verona. Accesso Sud alla galleria di base del Brennero. Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona. Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena”.
- Rif. [11] Prescrizioni CIPE Delibera n.8/2017 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 131 del 08.06.2017.
- Rif. [12] RFI, nota RFI-DCE\A0011\P\2015\000148.
- Rif. [13] Italferr, U.O. Gallerie, documento n° IBL110D07RGGN0000001A del Progetto Definitivo 2013 “Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo”.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	1A	D07RG	GN 00 0 001	B	6 di 30

Rif. [14] U.O. Geologia, documenti n° IBL11AD69RGGE0201001A, “Relazione geologica”, n° IBL11AD69L5GE0201001A “Plano profilo geologico Finestra Funes”, n° IBL11AD69L5GE0201002A “Plano profilo geologico Finestra Forch”.

4.2 Documenti Correlati

- Rif. [15] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).
- Rif. [16] Lunardi P. (2015). Il controllo dell'estrusione del nucleo di terreno al fronte d'avanzamento di una galleria come strumento di stabilizzazione per la cavità - Muir Wood Lecture at the ITA/AITES World Tunnel Congress on "Promoting tunnelling in SEE Region". Dubrovnik.
- Rif. [17] Lunardi P. (1998). Conception et exécution des tunnels: rôle et résultats de la recherche expérimentale - Revue Francaise de Geotechnique no.84.
- Rif. [18] Paratie Plus2 017, Teoria – “Metodo Paratie Plus per la valutazione dei cedimenti verticali” – cap.6 Paratie Plus 2017 – teoria, Milano, Ceas, 2016.
- Rif. [19] Peck R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. SOA Report 7th Int. Conf. SMFE Mexico City, State of the Art Volume.
- Rif. [20] O'Reilly, M.P. e New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the united kingdom - their magnitude and prediction. Tunnelling 82. The Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Rif. [21] Burland J.B. (1997). Assessment of risk of damage to buildings due to tunnelling and excavation. Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara (ed.). Balkema, Rotterdam.
- Rif. [22] Boscarding M.D., Cording E.G. (1989). Building response to excavation-induced settlement. Jnl. Geo. Engrg. ASCE, 115.
- Rif. [23] Potts, D.M. e Addenbrooke, T.I. (1997). A structure's influence on tunnelling-induced ground movements. Proc. Instn. Civ. Engrs. Geotech. Engineering.

4.3 Documenti Superati

Nel sottostante elenco, sono indicati gli elaborati del Progetto Definitivo del 2013 superati.

Finestra Aica -Varna/Forch - Planimetria, profilo, piante e sezioni	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.03.0.0.001.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Planimetria opere di imbocco - Fasi Provvisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.001.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.001.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.B9.GA.03.0.0.001.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Particolari costruttivi - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.001.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Planimetria opere di imbocco - sistemazione definitiva	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.002.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Profili e sezioni trasversali - sistemazione definitiva	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.002.A
Imbocchi Varna e Forch Unterseeber - Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.001.A

FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE
 TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D07RG	GN 00 0 001	B	7 di 30

Zona Unterseeber - Imbocco Varna Sud, Dima e concio d'attacco F3 - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.001.A
Zona Unterseeber - Imbocco Varna Sud, Portale di imbocco F3 – Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.002.A
Zona Unterseeber – Imbocchi Varna Nord e Forch Nord e Sud, Dima e concio d'attacco F2 - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.003.A
Zona Unterseeber – Imbocchi Varna Nord e Forch Nord e Sud, Portale di imbocco F2 – Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.004.A
Imbocco Forch - Area Forch - Planimetria fase 1	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.002.A
Imbocco Forch - Area Forch - Planimetria fase 2	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.003.A
Imbocco Forch - Area Forch - Planimetria fase 3	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.004.A
Imbocco Forch - Planimetria Opere di imbocco - Fasi Provvisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.003.A
Imbocco Forch - Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.003.A
Imbocco Forch - Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.002.A
Imbocco Forch - Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.004.A
Imbocco Forch - Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.005.A
Imbocco Forch - Galleria Artificiale – Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.003.A
Imbocco Forch - Portale di imbocco – Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.006.A
Imbocco Forch - Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.004.A
Planimetria, profilo, pianta e sezioni.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.04.0.0.001.A
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Provvisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.04.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.04.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.04.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.002.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.003.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.003.A
Planimetria, profilo, pianta e sezione.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.05.0.0.001.A
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Provvisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.05.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi provvisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.05.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.05.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.002.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.003.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.003.A

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

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

6 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

6.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

L'intervento in oggetto è relativo alla progettazione definitiva delle Finestre Forch, Funes e delle opere di imbocco provvisorie e definitive della Finestra Chiusa e della Finestra Albes.

La Finestra Forch è costituita da una galleria naturale di sviluppo pari a 1174.82m, dall'imbocco in naturale (km 0+162) alla progressiva di inizio camera di transizione (km 1+336.82). L'opera prosegue con le sezioni di innesto alla galleria di linea al km 3+474.87 della canna di binario dispari, per uno sviluppo complessivo del tratto di innesto con la canna di binario pari di a 92.55m. La galleria artificiale ha lunghezza pari a 137m (inizio galleria artificiale al km 0+0025).

La Finestra Funes è costituita da una galleria naturale di sviluppo pari a 424.77m, dall'imbocco in naturale (km 0+029.6) alla progressiva di inizio camera di transizione (km 0+454.37). L'opera prosegue con le sezioni di innesto alla galleria di linea al km 16+320 della canna di binario pari, per uno sviluppo complessivo del tratto di innesto con la canna di binario dispari pari a 81.03m. La galleria artificiale ha lunghezza pari a 29.60m.

La Finestra Chiusa è costituita da una galleria naturale di sviluppo pari a 1762.62m, dall'imbocco in naturale (km 0+021.5) alla progressiva di inizio camera di transizione (km 1+784.12). L'opera prosegue con le sezioni di innesto alla galleria di linea al km 20+958.05 della canna di binario pari, per uno sviluppo complessivo del tratto di innesto con la canna di binario dispari pari a 91.79m. La galleria artificiale ha lunghezza pari a 21.50m.

La Finestra Albes è costituita da una galleria naturale di sviluppo pari a 568.62m, dall'imbocco in naturale (km 0+019.15) alla progressiva di inizio camera di transizione (km 0+587.76). L'opera prosegue con le sezioni di innesto alla galleria di linea al km 12+229.23 della canna di binario dispari, per uno sviluppo complessivo del tratto di innesto con la canna di binario pari pari a 91.52m. La galleria artificiale ha lunghezza pari a 19.15m.

Nei sottostanti paragrafi, viene fornita una breve descrizione delle quattro gallerie.

6.1.1 Finestra Forch (ex Finestra Aica-Varna Forch)

La Finestra Forch è una galleria costruttiva che si innesta in corrispondenza della canna dispari della Galleria Scalere al km 3+446.96 ed è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita di emergenza.

Il Progetto Definitivo del 2013 (Rif. [13]) prevedeva la realizzazione di due finestre affiancate (doppia Finestra Aica-Varna), separate da un breve tratto all'aperto in corrispondenza dell'area Unterseeber (doppia Finestra Forch). La finestra collocata a Nord era adibita alla costruzione con il metodo tradizionale dei cameroni di interconnessione di Fortezza, delle due gallerie di interconnessione nonché di un tratto delle due canne della Galleria Scaleres in direzione Nord. La finestra collocata a Sud era adibita alla costruzione con il metodo tradizionale del PC Chiusa, comprensivo delle due camere di lancio delle TBM, nonché dell'alimentazione delle due macchine fresanti per la costruzione, in direzione Sud, dei due tratti di galleria di linea realizzati con il metodo meccanizzato.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE
TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D07RG	GN 00 0 001	B	9 di 30

A seguito della prescrizione numero 251 della Delibera CIPE n. 8/2017 (Rif. [11]), si è provveduto ad eliminare il tratto all'aperto delle due finestre affiancate presso l'area Unterseeber, realizzando senza soluzione di continuità un tratto di galleria naturale a partire dall'innesto con la Galleria Scaleres fino allo sbocco in corrispondenza dell'area Forch.

Inoltre, conseguentemente all'eliminazione delle Interconnessioni di Fortezza e del Posto di Comunicazione ubicato in prossimità dell'interconnessione Sud di Fortezza (Rif. [12]), si riducono i fronti di lavoro e le esigenze di cantiere per lo scavo delle opere in sotterraneo verso Nord. Pertanto, viene meno l'esigenza di avere due finestre in adiacenza, secondo la configurazione prevista nel Progetto Definitivo del 2013.

Sulla base delle soprastanti prescrizioni e specifiche tecnico-funzionali, si è provveduto ad eliminare una delle due finestre costruttive, in particolare, la Finestra Aica-Varna/Forch Nord, per la quale era prevista una sezione di intradosso di dimensioni minori rispetto alla Finestra Aica-Varna/Forch Sud. Pertanto, è stata conservata la sezione di intradosso di maggiori dimensioni per consentire il transito degli elementi più grandi delle TBM che realizzeranno lo scavo della galleria di linea.

In particolare, la nuova Finestra Forch all'innesto con le due canne della galleria di linea fornirà quattro fronti di attacco: due per lo scavo in tradizionale procedendo verso Nord, e due per lo scavo in meccanizzato di un ulteriore tratto della Galleria Scaleres procedendo verso Sud.

L'opera in sotterraneo verrà realizzata interamente con metodo di scavo in tradizionale a piena sezione, ricorrendo alle sezioni tipo di scavo e consolidamento individuate nel Progetto Definitivo del 2013 (Rif. [10]).

Per quanto riguarda l'imbocco della finestra, le opere provvisoriale e definitive verranno realizzate entro l'area di cava Forch, nella quale l'attività di estrazione si fermerà a quota 675m s.l.m..

Il fronte di attacco della galleria naturale sarà ubicato sul fronte di cava ad ovest, sul quale verrà realizzato un rilevato provvisorio di appoggio per consentire la realizzazione della paratia berlinese frontale e del consolidamento mediante colonne in jet-grouting (realizzato da piano campagna prima dell'esecuzione dei micropali della paratia), volto al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni all'imbocco sia per la stabilità delle opere provvisoriale, sia successivamente per lo scavo del primo concio d'attacco della galleria naturale.

Dal momento che dalla Finestra Forch avverranno le operazioni di smarino e di approvvigionamento dei fronti di scavo della Galleria Scaleres (verso Nord fino allo sbocco, verso Sud, fino alla Finestra Albes, si procederà alla realizzazione della galleria artificiale ed al suo ritombamento solo dopo completate le tratte di scavo in naturale della Galleria Scaleres afferenti al cantiere presso l'area Forch.

In fase definitiva, poiché la quota di progetto della futura galleria artificiale sarà sempre superiore alla quota del piano di cava (675m s.l.m.), è prevista la posa in opera di un rilevato al di sopra del quale verrà posta in opera la galleria artificiale fino ad arrivare alla quota di sbocco del portale, posta a 690.10 m s.l.m.. Una volta completati i getti della galleria artificiale (sviluppo 120m) e del portale (sviluppo 12m), si procederà all'ultimazione del ritombamento e, quindi, al completamento del riempimento dell'area di cava.

Il tracciato della finestra presenta un punto di minimo altimetrico al km 0+375.92, dal momento che la quota del piano ferro all'innesto è 722.95 m s.l.m., invece la quota all'imbocco in naturale della finestra, determinata dall'area di cava, è 690.10 m s.l.m.. Pertanto, l'unica possibilità di non interferire con l'Autostrada A22 (piano stradale a quota 682m s.l.m. circa) e la Ferrovia del Brennero (piano del ferro a quota 687m s.l.m. circa) è sottopassare entrambe le infrastrutture in naturale ad una quota di progetto che, pertanto, determina una corda molle con quota 655.90m s.l.m.. Al fine di ridurre le portate recapitate nel punto di minimo, si prevederà di impermeabilizzare la finestra su tutto il perimetro, pertanto, le sole acque che confluiranno verso la corda molle saranno quelle di piattaforma. Per la raccolta di tale acque, verrà realizzata a quota cavo una vasca di accumulo, in cui verranno collocate le pompe per il recapito delle acque verso l'imbocco della finestra, attraverso delle tubazioni

¹ Prescrizione n. 25 della Delibera CIPE n. 8/2017: "Prima dell'inizio dei lavori, il soggetto aggiudicatore provvederà: [...] a prevedere lo scavo della finestra di Aica-Varna direttamente dall'area Forch, senza la realizzazione dell'attacco intermedio di Unterseeber; nella medesima area di Forch dovrà essere realizzato il piazzale di emergenza. L'area di Unterseeber potrà essere utilizzata per deposito definitivo e la relativa strada di accesso avrà solo funzione temporanea nelle fasi di cantiere".



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE
TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D07RG	GN 00 0 001	B	10 di 30

collocate nel solettone di riempimento nell'arco rovescio della finestra. Il manufatto di raccolta delle acque a piano campagna verrà ubicato nel piazzale antistante il portale della finestra. Al fine di evitare che ulteriori acque confluiscono in galleria dal piazzale esterno, in corrispondenza del tratto finale la galleria artificiale presenta una leggera pendenza verso l'esterno.

Descrizione del tracciato plano-altimetrico

Il tracciato planimetrico della Finestra Forch è costituito da un unico tratto rettilineo che dall'innesto con la Galleria Scaleres, dopo le sezioni di collegamento e la camera di manovra all'innesto, termina con il fronte d'attacco in naturale nell'area di Forch dopo un tratto di sviluppo pari a 1174.82m.

Dal punto di vista altimetrico, a partire dal km 1+336.82, dopo un breve tratto di circa 15m con pendenza nulla (che prosegue verso la galleria di linea fino all'innesto), la livelletta ha pendenza decrescente, pari a 8.16% per un tratto di 741.78 m e di 3.18% per un tratto di 204 m. Al termine di questo ultimo tratto, è presente un punto di minimo altimetrico dopo il quale il tracciato della finestra prosegue con pendenza crescente verso l'imbocco della finestra, pari al 10.525%, per un tratto pari a 213.92 m in galleria naturale ed ulteriori 117m in galleria artificiale (sviluppo complessivo pari a 137m), di cui l'ultima parte di ulteriori 21.81 m, ha pendenza del 2% decrescente verso il piano campagna.

6.1.2 Finestra Albes

La Finestra Albes è una galleria costruttiva che si innesta al km 12+229.32 b.d. della Galleria Scaleres (km 12+179.69 b.p.). Consentirà lo scavo di un tratto della galleria di linea verso l'imbocco Sud e l'uscita di alcune componenti delle due TBM provenienti da Nord a seguito dello smontaggio. Il back-up delle due TBM potrà essere trasportato all'esterno fino all'imbocco della Finestra Forch attraverso le due canne appena costruite.

In fase di esercizio, la finestra avrà funzione di manutenzione per la Galleria Scaleres.

A seguito della prescrizione n. 24² della Delibera CIPE n. 8/2017 (Rif. [11]), si è provveduto a modificare la configurazione plano-altimetrica delle opere provvisorie e definitive dell'imbocco della finestra al fine di ridurre l'area di occupazione antistante l'opera.

Nella figura sottostante, è rappresentata la sistemazione finale dell'imbocco, in cui è prevista la realizzazione di una viabilità di accesso e di una vasca di raccolta liquidi pericolosi.

² Prescrizione n. 24 della Delibera CIPE n. 8/2017: "ridurre l'occupazione delle aree del piazzale di imbocco della finestra di Albes, anche valutando la possibilità di ricollocare alcune delle funzioni tecnologiche ivi previste nei pressi dell'imbocco nord della Galleria Gardena."

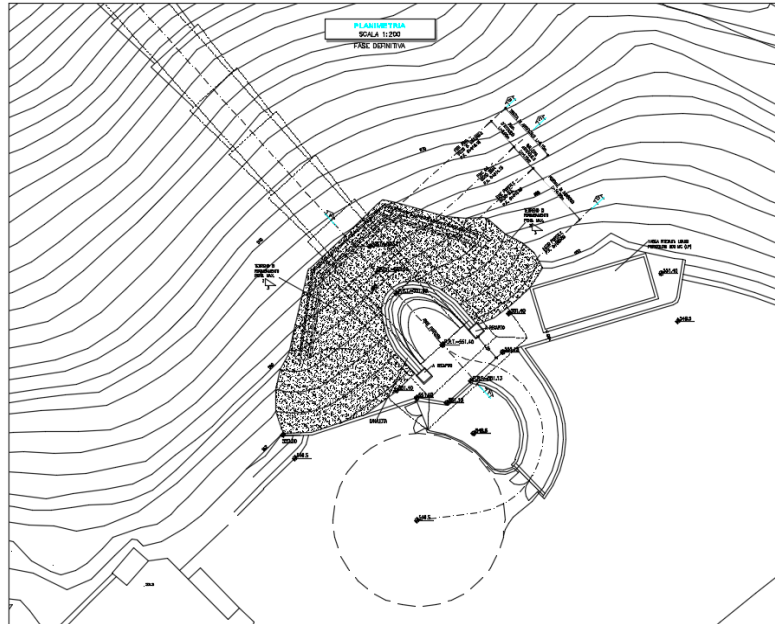


Figura 1 – Sistemazione definitiva imbocco Finestra Albes

6.1.3 Finestra Funes

La Finestra Funes è una galleria costruttiva che si innesta al km 16+320 del binario pari della Galleria Gardena ed è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita di emergenza.

Il progetto di questa opera è conseguente al recepimento della prescrizione n. 45³ della Delibera CIPE n. 8/2017 (Rif. [11]). Pertanto, a seguito della richiesta di eliminare la viabilità di accesso da Albes al cantiere previsto all'imbocco Nord della Galleria Gardena, è stata valutata la soluzione che prevede la realizzazione della finestra costruttiva Funes funzionale sia allo scavo del primo tratto della Galleria Gardena, che avverrà ora dalla finestra e non più dall'imbocco, che come via di trasporto dello smarino proveniente dalla galleria di linea.

L'opera in sotterraneo verrà realizzata interamente con metodo di scavo in tradizionale a piena sezione, ricorrendo alle sezioni tipo di scavo e consolidamento individuate nel Progetto Definitivo del 2013 (Rif. [10]) per la Finestra Albes ed alla sezione tipo C1bis descritta al paragrafo 11.3.4.

³ Prescrizione n. 45 della Delibera CIPE n. 8/2017: "Prima dell'inizio dei lavori, il soggetto aggiudicatore provvederà: [...] a verificare, sentita la Provincia Autonoma di Bolzano, per il cantiere previsto nell'area di Funes, con particolare riferimento alla relativa strada di accesso da Albes, la fattibilità di soluzioni cantieristiche differenti che permettano, a condizione di invarianza dei tempi e dei costi dell'opera, di non realizzare la suddetta strada, prevedendo eventualmente di localizzare un nuovo cantiere in uscita della Val di Funes da cui accedere alle gallerie principali mediante una finestra costruttiva di circa 500m. Al fine di ottimizzazione la logistica di trasporto dello smarino verso i depositi della val Riga, si dovrà inoltre valutare la possibilità di realizzare accessi diretti all'autostrada A22, sempre senza incrementare i tempi e i costi dell'opera."

In corrispondenza delle opere di imbocco, oltre all'interferenza con il rilevato autostradale sottopassato in naturale (si veda il paragrafo 11.3.4), è presente anche l'interferenza con la strada provinciale SP 241. La sede stradale è ubicata su un rilevato realizzato a ridosso di quello autostradale, le scarpate di entrambi sono rinforzate con terre armate. La copertura della sede stradale rispetto l'estradosso della galleria è pari a circa 3m e, pertanto, non è adeguata per il sottoattraversamento in naturale. Per risolvere l'interferenza, quindi, si ricorrerà alla realizzazione per fasi delle opere provvisorie e definitive di imbocco, deviando provvisoriamente la strada provinciale con uno spostamento piano-altimetrico del tracciato verso il piede del rilevato autostradale (Figura 2).

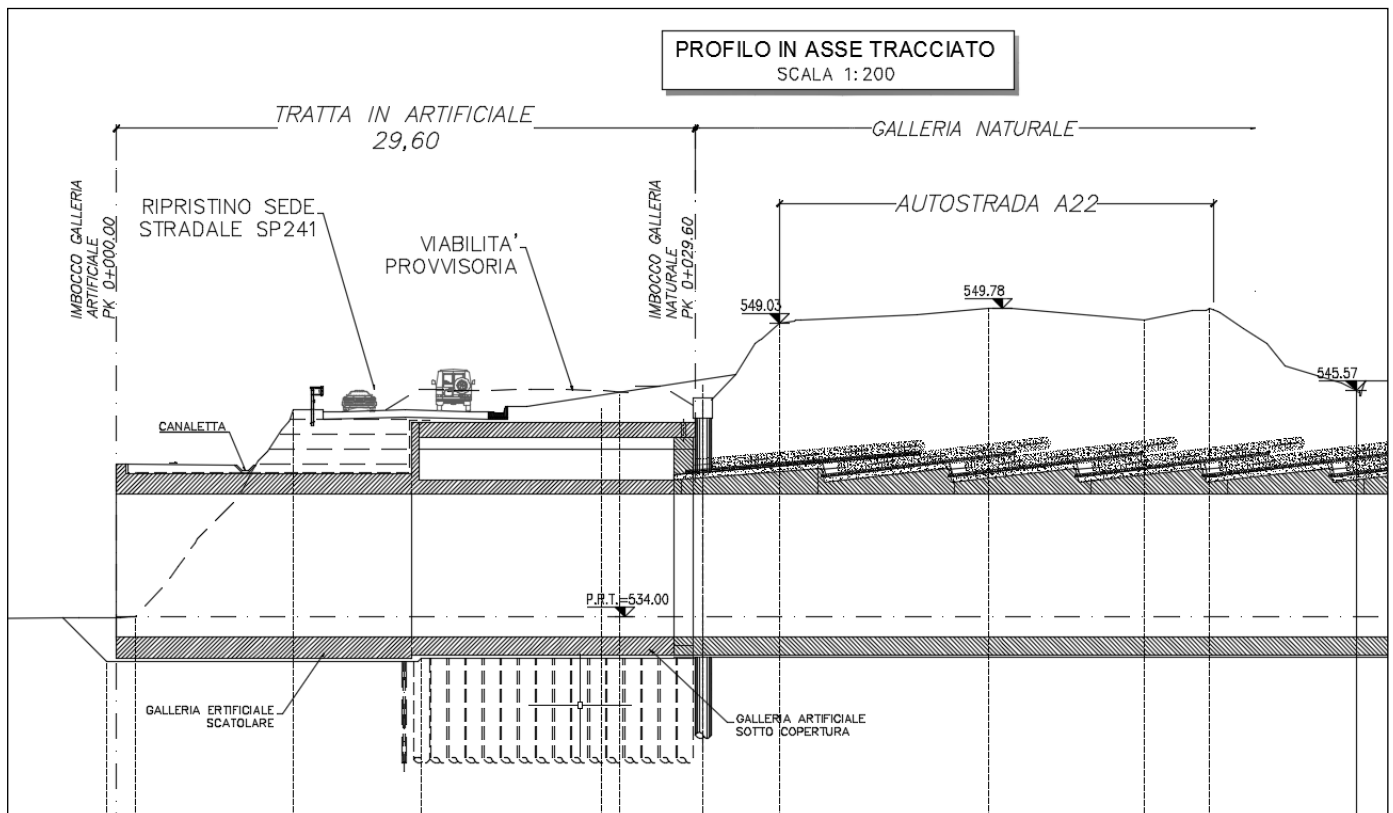


Figura 2 – Finestra Funes – Profilo longitudinale in corrispondenza dell'imbocco della finestra

Il tratto di galleria artificiale tra pali è stato dimensionato sia nell'attuale configurazione in fase provvisoria e definitiva (considerando la deviazione provvisoria e definitiva della SP241), sia tenendo conto dell'eventuale ampliamento della terza corsia autostradale, considerando quindi i carichi derivanti dall'estensione del rilevato e dalla presenza del traffico autostradale.

In sintesi, fasi esecutive di realizzazione delle opere provvisorie e definitive di imbocco saranno le seguenti:

- ✓ Fase 1:
 - limitazione del traffico a senso unico alternato sulla strada provinciale esistente e protezione con new jersey in calcestruzzo e rete.
 - esecuzione della paratia di pali $\varnothing 800$ mm a passo 0.9 e della berlinese di micropali $\varnothing 220$ mm passo 0.4 m (micropali avranno altezza ridotta in corrispondenza dell'impronta della galleria).
- ✓ Fase 2

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

- esecuzione della soletta di copertura in calcestruzzo armato e collaudo statico
- deviazione provvisoria della strada provinciale SP241

✓ Fase 3

- esecuzione per fasi dello scavo di sbancamento della terra armata esistente per moduli e contestuale tirantatura della berlinese dei micropali
- demolizione parziale della berlinese di micropali in corrispondenza della galleria
- esecuzione per fasi dello scavo al di sotto del solettone di copertura e contestuale tirantatura della paratia di pali

✓ Fase 4

- esecuzione dei consolidamenti della sezione di attacco della galleria naturale
- esecuzione del muro tampone in calcestruzzo armato

✓ Fase 5

- esecuzione della galleria artificiale sotto copertura, comprensiva di contropareti e soletta intermedia (il vano sarà ispezionabile tramite un'asola prevista nella soletta)
- esecuzione della galleria artificiale scatolare

✓ Fase 6

- impermeabilizzazione della soletta di copertura della galleria artificiale scatolare
- ripristino del rilevato in terra rinforzata
- ripristino della viabilità nella sede stradale preesistente
- demolizione della viabilità provvisoria
- scavo della galleria naturale

Descrizione del tracciato plano-altimetrico

Il tracciato planimetrico della Finestra Funes, superato l'innesto con le gallerie di linea, a partire dal km 0+454.37 ha uno sviluppo pari a 424.77 m ed è costituito da un tratto rettilineo in uscita perpendicolarmente dalle gallerie di linea binario pari per 127.28, seguito da un tratto di circa 164.45 m avente raggio di curvatura pari a 150m e da un tratto rettilineo finale di sviluppo pari a 162.64 m c.a..

Dal punto di vista altimetrico, dopo un tratto di 90 m all'innesto con pendenza nulla, la livelletta ha pendenza decrescente verso lo sbocco della galleria, pari a 10.135% per un tratto di 292.83 m c.a. e nuovamente nulla nel tratto finale di 97.5m.

6.1.4 Finestra Chiusa

La Finestra Chiusa è una discenderia costruttiva (altimetria modopendente decrescente dall'imbocco verso l'innesto con la galleria di linea) prevista per lo scavo di un tratto della Galleria Gardena, con la quale si innesta al km 20+958.05 del b.p. e, successivamente, al km 21+012.96 b.d.. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita/accesso di emergenza.

In fase costruttiva, questa finestra ha la funzione di sostenere le esigenze logistiche di cantiere durante la costruzione del tratto di galleria Gardena compreso tra il posto di comunicazione (PC) di Chiusa Nord ed i cameroni di interconnessione. Per la realizzazione di tutte le sopraccitate opere, inclusa la discenderia, si farà ricorso al metodo di scavo in tradizionale, ricorrendo alle sezioni tipo di scavo e consolidamento individuate nel Progetto Definitivo del 2013 (Rif. [10]).

Sulla base di quanto accennato al paragrafo 1, per quanto riguarda le opere di imbocco della finestra, la modifica consiste nello spostamento delle stesse lato Nord di circa 60 m. Viene preservata l'area di rispetto del metanodotto collocato in vicinanza dell'opera in sotterraneo, garantendo una fascia di rispetto di 8 m in destra ed in sinistra dello

stesso, provvedendo alla protezione dello stesso in corrispondenza del tratto limitato interferito in fase di cantiere e di esercizio della finestra dalla viabilità di accesso all'imbocco della stessa.

6.2 Sezioni tipo di intradosso

6.2.1 Finestra Forch

La sezione di intradosso F3 (Figura 3) adottata per la Finestra Forch è policentrica a doppia corsia, ed è dimensionata per le esigenze della gestione logistica dei cantieri per lo scavo in meccanizzato delle gallerie di linea. Le ampie dimensioni consentono il trasporto dei pezzi speciali della TBM (cuscinetto principale, testa fresante, carri del back-up). Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata per ragioni logistiche di cantiere (posto manovra dei mezzi). In fase di esercizio, considerata la funzione di uscita/accesso carrabile assunta dalla finestra, la dimensione trasversale interna (15m) di tale sezione ed il suo sviluppo longitudinale (15m) consentiranno l'inversione di marcia dei mezzi di soccorso.

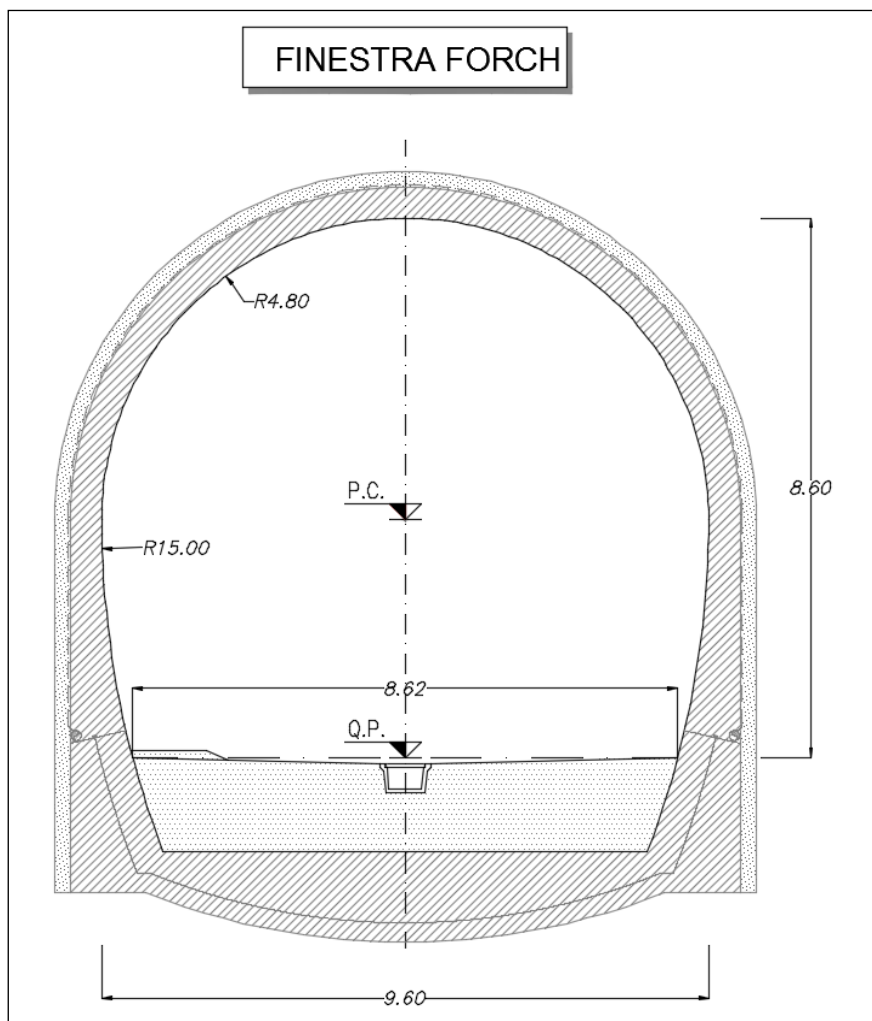


Figura 3 - Sezione trasversale Finestra Forch

6.2.2 Finestra Albes

La Finestra Albes ha sezione di intradosso F1 (si veda Figura 4). In fase costruttiva, consentirà le operazioni di scavo descritte al par. 6.1.2.

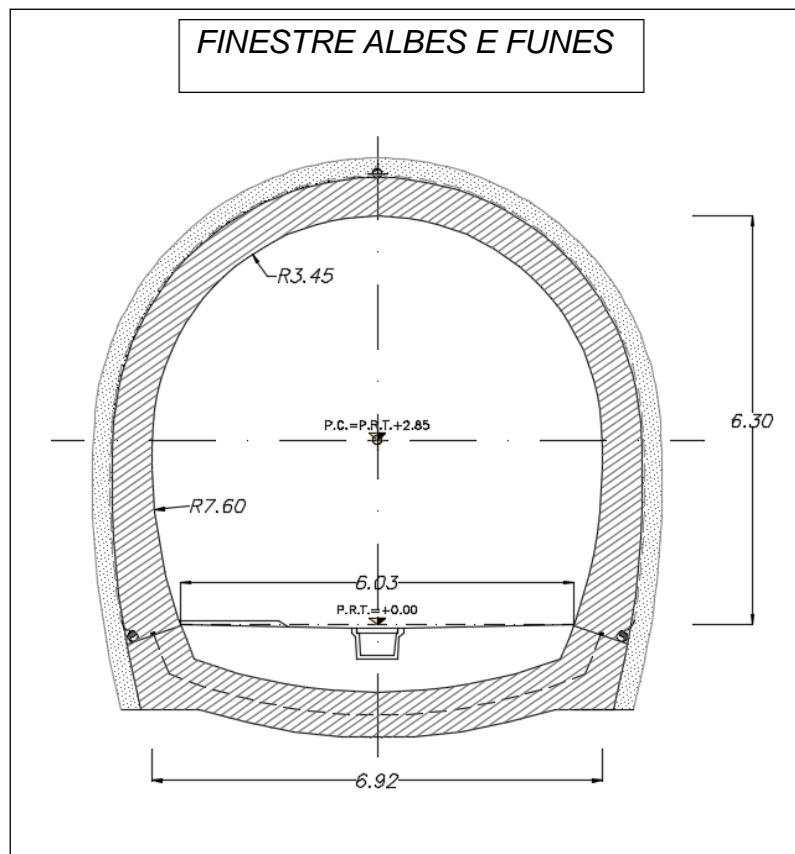


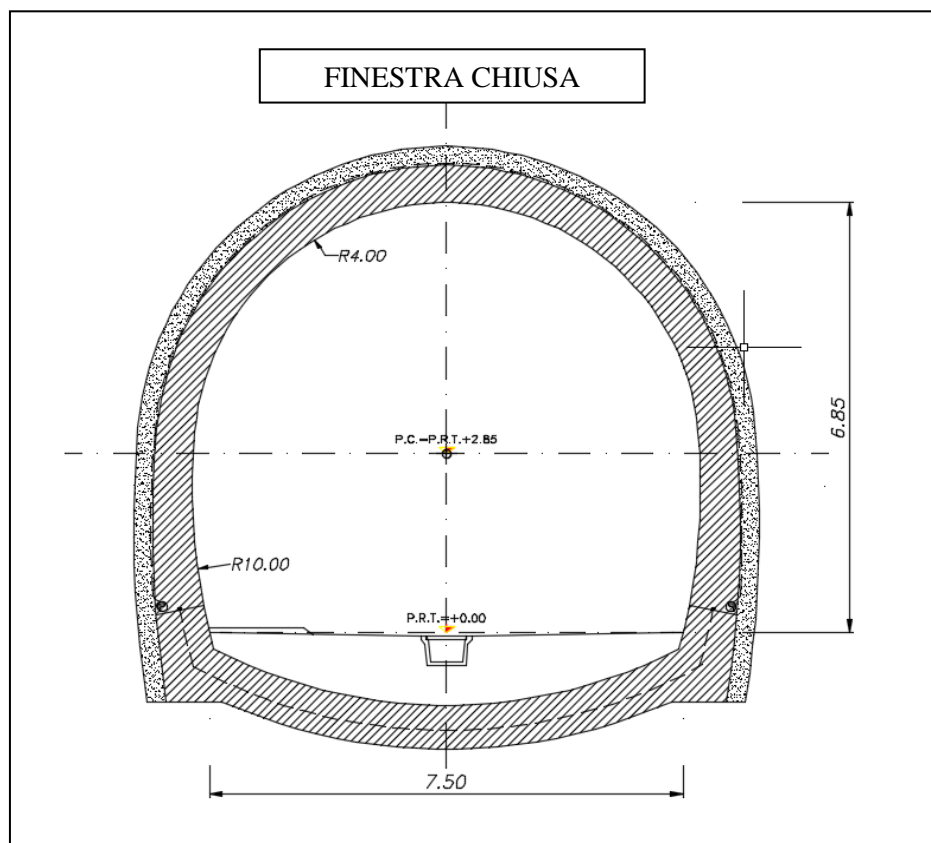
Figura 4 - Sezione trasversale Finestre Albes e Funes

6.2.3 Finestra Funes

La Finestra Funes ha la stessa sezione di intradosso F1 (Figura 4) utilizzata per la Finestra Funes di Albes. Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata per ragioni logistiche di cantiere (posto manovra dei mezzi) ed ha stesse dimensioni trasversali della camera di manovra utilizzata all'innesto della Finestra Forch. In fase di esercizio, la finestra diventa accesso/uscita di sicurezza per la Galleria Gardena nell'ambito del FFP Isarco e la camera di manovra consentirà l'accesso dei mezzi di soccorso con un attraversamento a raso sulla canna di b.p., proseguendo con un by-pass anch'esso carrabile fino alla canna di binario dispari.

6.2.4 Finestra Chiusa

La sezione di intradosso F2 (Figura 5) adottata per la Finestra Chiusa è policentrica a doppia corsia, ed è dimensionata per le esigenze della gestione logistica dei cantieri per lo scavo in meccanizzato delle gallerie di linea Interconnessione Ponte Gardena b.p. e b.d.. Le ampie dimensioni consentono il trasporto dei pezzi speciali della TBM (cuscinetto principale, testa fresante, carri del back-up) e, nel prosieguo delle operazioni di scavo, permettono il transito dei mezzi per lo smarino e per l'approvvigionamento dei fronti di scavo lato Nord e lato Sud delle due Interconnessioni. I fronti di scavo contemporaneamente attivi saranno inizialmente quattro, per lo scavo dei cameroni di comunicazione a Sud e a Nord dell'innesto e dei cameroni di interconnessione a Sud. In seguito, i fronti di scavo saranno al massimo tre, dal momento che le Interconnessioni Ponte Gardena di b.p. e b.d. verranno costruite in serie. Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata per ragioni logistiche di cantiere (posto manovra dei mezzi). In fase di esercizio, considerata la funzione di uscita/accesso carrabile assunta dalla finestra, la dimensione trasversale interna (15m) di tale sezione ed il suo sviluppo longitudinale (15m) consentiranno l'inversione di marcia dei mezzi di soccorso.



7 INTERFERENZE

Le principali interferenze che si riscontrano nell'ambito della realizzazione delle quattro finestre descritte in precedenza riguardano le Finestre Funes e Forch e sono costituite da infrastrutture ferroviarie e stradali, riepilogate nei seguenti punti:

- interferenza della Finestra Forch con l'autostrada A22, la linea ferroviaria del Brennero e la strada S.S.12 del Brennero;
- interferenza della Finestra Funes con l'autostrada A22 e la strada SP 241.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

7.1 Interferenza della Finestra Forch con l'autostrada A22, la linea ferroviaria del Brennero e la strada S.S.12 del Brennero

Il tracciato della Finestra Funes sottopassa la sede dell'autostrada A22 intorno alla progressiva 0+400, con una copertura, ad estradosso calotta, pari a circa 15m e la sede della Ferrovia del Brennero intorno al km 0+465 con copertura pari 18 m circa.

Il sottoattraversamento della S.S.12 avviene a circa 30 m dalla paratia frontale di imbocco, intorno al km 0+195.

7.2 Interferenza della Finestra Funes con l'autostrada A22 e la strada SP 241

La Finestra Funes interferisce, in corrispondenza dell'imbocco, con la SP 241 e con l'Autostrada A22. L'interferenza con la strada provinciale SP 241, in corrispondenza del tratto in artificiale, viene risolta prevedendo una deviazione per fasi della viabilità. Il sottoattraversamento del rilevato autostradale dell'A22 avviene nel tratto in naturale immediatamente a tergo della paratia frontale di imbocco (km 0+029.6), con una copertura a quota estradosso calotta di 7÷8 m.

8 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione geotecnica e strutturale delle opere in sotterraneo è stata sviluppata nel rispetto della normativa vigente e delle prescrizioni e raccomandazioni elencate nel paragrafo 3.

In accordo con il metodo ADECO-RS (Rif. [15]), la progettazione è articolata nelle seguenti fasi progettuali:

- acquisizione degli elementi geologici e geotecnici (fase Conoscitiva);
- individuazione del comportamento dell'ammasso allo scavo (fase di Diagnosi);
- scelta delle modalità realizzative e definizione delle sezioni tipo di scavo ed avanzamento (fase di Terapia).

I risultati degli studi sopra detti sono stati esaminati ed interpretati allo scopo di individuare le principali problematiche progettuali legate alla realizzazione delle singole opere (fase di Diagnosi), individuando tra le soluzioni tecniche possibili, le migliori ai fini del rispetto dell'impatto sul territorio e ai fini dell'ottimizzazione di tempi e costi (fase di Terapia).

Il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa (fase di verifica e messa a punto). 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.

Sono stati, pertanto, definiti i metodi di scavo e le sezioni tipo di avanzamento più idonee per le varie tratte, individuando, in funzione delle caratteristiche geotecniche dei materiali, dei fenomeni deformativi attesi e delle interferenze lungo il tracciato, anche la tipologia di interventi di consolidamento propedeutici allo scavo.

9 FASE CONOSCITIVA

9.1 Inquadramento geologico e idrogeologico

Metodi e risultati dello studio geologico ed idrogeologico sono esposti negli elaborati geologici (Rif. [13]).

Nei sottostanti paragrafi, vengono descritte le Gallerie naturali Forch e Funes, rimandando. Per le gallerie naturali Albes e Chiusa, si rimanda al P.D. del 2013. In particolare, per la Finestra Chiusa, la modifica dell'ubicazione dell'imbocco ha consentito di ricollocare il tracciato della galleria interamente nelle Filladi di Bressanone.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA					
	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA						
FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	1A	D07RG	GN 00 0 001	B	18 di 30

9.1.1 Formazioni attraversate lungo il tracciato delle gallerie naturali.

Di seguito viene fornita una descrizione di ciascuna galleria naturale in funzione delle principali caratteristiche geologico-strutturali delle formazioni attraversate.

Finestra Forch

La finestra si sviluppa in naturale per una lunghezza complessiva pari a 1174.82 m (fino alla progressiva km 1336.82 di inizio innesto), con copertura massima pari a circa 415m.

Il fronte d'attacco in naturale della Finestra Forch si colloca all'interno di un'area di estrazione ed, in particolare, su uno dei fronti della cava.

A partire dall'imbocco in naturale, ubicato sul fronte di cava, lo scavo della finestra avverrà nei "Depositi Quaternari" per un tratto di sviluppo complessivo pari a circa 530m. Si tratta di depositi fluvio-glaciali e morene (df) e di depositi alluvionali antichi terrazzati (at1 e at2), di caratteristiche simili secondo diversi criteri (e.g. maturità, sorting, contenuto mineralogico). In particolare, per quanto riguarda i depositi fluvio-glaciali, tale unità è costituita principalmente da termini a matrice sabbiosa con rari blocchi di dimensioni superiore al metro, generalmente contenenti lenti di conglomerati a spessore variabile possono essere presenti rare intercalazioni argillose. Per i depositi alluvionali, si passa dai depositi più fini (at2) a più grossolani al tetto (at1).

Nel tratto successivo, di sviluppo pari a circa 140m, i terreni a quota cavo sono costituiti da un deposito di frana inattiva" (fi). In generale, questi accumuli sono costituiti da blocchi di basamento (soprattutto filladi) più o meno scomposti, disarticolati, ossidati con fratture riempite da matrice terrosa.

Nel prosieguo dello scavo, fino all'innesto con la galleria di linea (binario dispari al km 3+446+96), il tracciato della finestra attraverserà le Filladi di Bressanone a granato (BSS), costituite da filladi caratterizzate da locali porzioni più ricche in quarzo; presentano sempre granati, di dimensione variabile, intercalati alla foliazione.

Finestra Funes

La finestra si sviluppa in naturale per una lunghezza complessiva pari a 425.17 m (fino alla progressiva km 454.37 di inizio innesto), con copertura massima pari a circa 120m.

L'imbocco in naturale della Finestra Funes è collocato ai piedi del rilevato autostradale della A22, pertanto, lo scavo del primo tratto di galleria, pari a circa 30m, attraverserà il corpo del rilevato ed i sottostanti "Depositi alluvionali recenti terrazzati" (ar). Questi ultimi sono costituiti da sabbie medio-grossolane e a luoghi da conglomerati poligenici a dimensioni variabili.

Nel successivo tratto, di sviluppo pari a circa 140m, il tracciato della finestra interesserà un deposito di frana inattiva" (fi), la cui genesi è riconducibile ad un processo morfogenetico caratterizzato da masse di materiali spostati da azioni gravitative, secondo quanto già descritto per la Finestra Forch.

Nel restante sviluppo della finestra, per circa 380m, lo scavo interesserà quasi esclusivamente i Porfiroidi (p), interposti in lenti e corpi nelle Filladi di Bressanone ricche in quarzo (BSSa). I porfiroidi sono costituiti da metavulcaniti e vulcanoclastiti e presentano una struttura massiccia o leggermente foliata; la loro composizione mineralogica comprende anche la presenza di quarzo.

Intorno alla progressiva km 0+400, l'attraversamento dei Porfiroidi è interrotto dalla presenza di un corpo andesitico (α), per uno sviluppo pari a circa 50m.

10 FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO ALLO SCAVO

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 (Rif. [15]), di

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria 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 rigidità 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 tensionali sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi un'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 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 ed 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

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

10.1.1 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati dallo scavo delle due finestre, si rimanda alla "Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo" del Progetto Definitivo del 2013 (IBL110D07RGGN0000001A, Rif. [13]). In particolare, per quanto riguarda le formazioni intercettate dalla Finestra Funes, i Porfiroidi (p) presentano caratteristiche meccaniche simili alle Filladi Di Bressanone ricche in quarzo (BSSa), in cui sono interclusi.

I criteri per la definizione delle tratte a comportamento omogeneo sono i medesimi adottati in IBL110D07RGGN0000001A. Sulla base dei risultati ivi riportati, il tracciato delle opere in sotterraneo è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

Finestra Forch

Nel tratto iniziale di galleria, di sviluppo pari a 530 m c.a., interessato dai depositi quaternari (df, at1 e at2) e da condizioni medio basse di coperture (superiori a 40m solo nella parte finale del tratto considerato), è possibile ipotizzare una risposta dell'ammasso allo scavo di tipo instabile (C), in considerazione delle modeste caratteristiche geotecniche di questi terreni e delle condizioni litostatiche.

Anche nel successivo tratto di attraversamento dei depositi di frana inattiva (fi), è prevedibile un comportamento a fronte instabile (tipo C), in considerazione della composizione di questi accumuli, costituiti da blocchi di basamento disarticolati ed ossidati, con componente terrosa rilevante.

Superato questo tratto, per il restante sviluppo della finestra, lo scavo interesserà le Filladi di Bressanone a granato (BSS). Per questa unità, si attende un comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibili situazioni locali in cui il fronte può presentarsi stabile a breve termine (B). Anche in corrispondenza delle zone più fratturate la risposta dell'ammasso allo scavo attesa è di tipo B (stabile a breve termine). Infine, nell'attraversamento di zone di faglia, sono possibili situazioni locali in cui il fronte può risultare instabile: è previsto un comportamento deformativo allo scavo di categoria "C" (instabile).

Per la distribuzione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento nelle tratte omogenee in cui può essere suddivisa la galleria naturale e la risultante applicazione percentuale delle stesse, si vedano le sottostanti tabelle.

Finestra Funes

Nel tratto iniziale, in cui avviene il sottoattraversamento in naturale dell'autostrada A22, le caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati (costituiti dal rilevato stradale ed autostradale (h) e dai depositi alluvionali (ar)) e le condizioni di bassa copertura determinano condizioni per le quali si può prevedere un comportamento di tipo C (instabile).

Nel successivo tratto di attraversamento dei depositi di frana inattiva (fi), considerata la composizione di questi accumuli, costituiti da blocchi di basamento disarticolati ed ossidati, con componente terrosa rilevante, è prevedibile un comportamento a fronte instabile (tipo C)

A seguire, si rileva la possibile presenza di un lineamento tettonico, per il quale, considerata anche la vicinanza all'accumulo, è possibile prevedere un comportamento di tipo C. Nella tratta seguente, compresa tra il lineamento tettonico ed un sovrascorrimento a basso angolo, il cavo interessa i porfiroidi per i quali è possibile ipotizzare un grado di fratturazione di una certa entità che, associato alle modeste coperture, può comportare un minore indice di

qualità dell'ammasso, stimabile nel range $GSI=35\div45$; pertanto, il comportamento prevalente sarà di tipo A, con possibilità di evolvere verso comportamenti stabili a breve termine (B).

Per il tratto di galleria interessato dal sovrascorrimento, è possibile ipotizzare che nella zona di maggiore disturbo il comportamento dell'ammasso allo scavo sia a fronte instabile (C), mentre, nelle parti in entrata ed uscita della fascia di disturbo è possibile considerare una risposta deformativa con stabile a breve termine (B).

Lo scavo proseguirà, quindi, nuovamente nei porfiroidi (p) e nelle andesiti (α). Sia nei porfiroidi che nelle andesiti è presumibile un comportamento di tipo A, salvo potere avere un fronte stabile a breve termine (B) nelle zone di transizione dall'uno all'altro litotipo.

Per la distribuzione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento nelle tratte omogenee in cui può essere suddivisa la galleria naturale e la risultante applicazione percentuale delle stesse, si veda la sottostante tabella.


Tratte omogenee	L[m]	A1	A2	B1	C2v	C1bis
h+ar	30.0					Prevalente
fi	56.2				Prevalente	
Tratto attraversamento faglia	23.6				Prevalente	
p (tra faglia e sovrascorrimento)	48.2		Eventuale	Prevalente		
sovrascorrimento (ipotizzando fascia di disturbo di 20m)	102.0			Prevalente	Eventuale	
Porfiroidi (p)	102.1	Eventuale	Prevalente	Eventuale		
Andesiti (α)	51.0	Prevalente		Eventuale		
p (fino al km 454.37)	11.69	Prevalente				
LUNGHEZZE DI APPLICAZIONE		89.2	76.46	110.44	118.94	29.73
PERCENTUALI DI APPLICAZIONE		21.00%	18.00%	26.00%	28.00%	7.00%

Tabella 1 - Distribuzione eventuale e prevalente delle sezioni tipo di scavo e consolidamento nella Finestra Funes e percentuale complessiva di applicazione per singola sezione tipo

10.2 Rischi potenziali connessi con la realizzazione delle gallerie

Sulla base delle indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva (studio geologico-idrogeologico e studio geotecnico) e dei risultati delle analisi sul comportamento tensio-deformativo dell'ammasso durante lo scavo, nella sottostante tabella sono sintetizzati i potenziali rischi connessi con la realizzazione delle gallerie:

	RISCHI	CONDIZIONI GEOTECNICHE
1	Instabilità del fronte e del cavo	Probabili nell'attraversamento di: <ul style="list-style-type: none"> - zone con bassa copertura in presenza di materiali di scadenti caratteristiche meccaniche - zone tettonizzate e con superfici di taglio

		ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA				
		COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B
FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO						
		– zone di transizione litologica – zone di attraversamento dei depositi di frana inattivi				
2	Grandi deformazioni (squeezing)	Eventuali nell'attraversamento di: – filladi tettonizzate per coperture superiori a 400 m nel tratto finale della Finestra Forch.				
4	Spinte dissimmetriche	Probabili nell'attraversamento di zone tettonizzate con discontinuità sub-parallele all'asse della galleria.				
5	Venute d'acqua	Probabili nell'attraversamento di zone tettonizzate				
6	Risentimenti sulle infrastrutture sottoattraversate	Probabili nel sottoattraversamento di: – autostrada A22, linea ferroviaria del Brennero (Finestra di Forch) e strada SS12 – autostrada A22 (Finestra Funes)				

Le strategie di gestione del rischio in fase realizzativa sono descritte nel successivo capitolo dedicato alla definizione delle soluzioni progettuali (Fase di Terapia).

11 FASE DI TERAPIA

Nella fase di terapia, sulla base delle indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi), si individuano le modalità di scavo e gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine. Sono di seguito descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento e il loro campo di applicazione, con riferimento alle zone a comportamento omogeneo, individuate in fase di diagnosi.

11.1 Metodologia di scavo

11.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo

La scelta del metodo di scavo più appropriato per la realizzazione delle Finestre Funes e Forch deriva in primo luogo dall'analisi del tracciato plano-altimetrico, ovvero, dal modesto sviluppo dei tratti in naturale, nonché dall'inquadramento geologico-idrogeologico e dalla previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento).

In conseguenza delle soprastanti valutazioni, per la realizzazione di entrambe le finestre verrà adottato il metodo di scavo in tradizionale.

11.1.2 Metodo di scavo tradizionale

Lo scavo avverrà a piena sezione, per sfondi successivi di lunghezza limitata, in funzione della sezione tipo applicata. In avanzamento rispetto allo scavo, in funzione delle caratteristiche geotecniche degli ammassi, si procederà all'eventuale realizzazione di interventi di presostegno e di precontenimento al fronte ed al contorno. Per la gestione delle acque in fase di scavo, è prevista l'esecuzione di drenaggi in avanzamento posti al contorno della galleria. Lo scavo avverrà mediante esplosivo o martellone o escavatore, quindi, completata la fase di scavo e smarino, si procederà alla posa in opera dei rivestimenti di prima fase. Quest'ultimo è costituito da uno strato di spritz-beton e centine metalliche, con il ricorso eventuale anche a bulloni metallici (ad ancoraggio puntuale o

continuo) in funzione del grado di separazione strutturale dell'ammasso e dei carichi previsti sui rivestimenti. In contesti spingenti si adotteranno sovrascavi rispetto alla sagoma di scavo ordinaria.

Ad opportuna distanza dal fronte di scavo e, previa posa dell'impermeabilizzazione e dell'eventuale armatura, si procederà al getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta. Si prevederà la posa in opera dell'impermeabilizzazione della sola calotta o dell'intero perimetro a seconda delle condizioni idrauliche al contorno e della eventuale interferenza con le risorse idriche profonde o superficiali. Nel primo caso, le acque intercettate dall'impermeabilizzazione verranno smaltite da tubazioni drenanti poste al piede del manto impermeabile e collegate ad una canaletta di raccolta acque posta in arco rovescio.

Per quanto riguarda gli interventi di prima fase adottati nelle singole sezioni tipo, nell'attraversamento di zone intensamente fratturate o di depositi incoerenti si adotteranno interventi di precontenimento del fronte e/o del contorno ed eventuali interventi di presostegno, costituiti da tubi metallici cementati posti in opera su un arco di circa 120° in calotta.

Nel caso di ammassi rocciosi intensamente fratturati ed alterati in presenza di una prevalente componente coesiva, gli interventi di precontenimento al fronte saranno costituiti da elementi strutturali in vetroresina a semplice cementazione. Al contorno, si ricorrerà ad elementi strutturali in VTR cementati in foro con miscele espansive o iniettati a P/V controllati mediante valvole, posti in opera secondo uno schema a quinconce tale da determinare la formazione di un arco consolidato sul perimetro di scavo.

In presenza di ammassi rocciosi tettonizzati ed alterati, in assenza di componente pelitica, e per i terreni a maggiore permeabilità e comportamento incoerente, quali depositi alluvionali e fluvio-glaciali, sono previsti trattamenti di preconsolidamento al fronte mediante microcolonne in jet-grouting, armate con elementi strutturali in VTR. Al contorno e a piede centina, saranno effettuati trattamenti in jet-grouting e, su un arco di circa 120° in calotta, saranno posti in opera infilaggi metallici.

Nei sottostanti paragrafi, si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo adottate, rappresentate negli elaborati grafici di progetto.

11.2 Sezioni tipo adottate

Tutte le sezioni tipo individuate prevedono la realizzazione delle gallerie con scavo a piena sezione, con sagomatura del fronte a forma concava, preceduto da eventuali interventi di precontenimento del fronte e/o del cavo, seguito dalla realizzazione del priverestimento e dei rivestimenti definitivi (arco rovescio, murette e calotta) eseguiti ad una individuata distanza massima dal fronte, come viene specificato in dettaglio di seguito.

Per la decurione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento adottate sia per la Finestra Funes che per la Finestra Forch, si rimanda agli elaborati grafici del Progetto Definitivo del 2013 (Rif. [10]).

Nel paragrafo sottostante, si fornisce una breve descrizione della sezione tipo C1bis adottata per il sottoattraversamento dell'Autostrada A22 e non presente nel Progetto Definitivo del 2013 tra le sezioni tipo previste per la sezione tipo di intradosso della Finestra Albes.

11.2.1 Finestra Funes - Sezione tipo C1bis

Lo scavo è previsto a sezione tronco-conica con campi di avanzamento pari a 6.5m per permettere la realizzazione degli interventi di consolidamento previsti.

La sezione prevede i seguenti interventi:

- ✓ Stabilizzazione del fronte di scavo eseguita mediante uno strato di 15 cm di spritz-beton fibrorinforzato dosato a 35 Kg/mc di fibre metalliche ogni fine campo d'avanzamento.
- ✓ Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L =24m, sovrapp. =1 m, rivestiti con calza in TNT.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

- ✓ Precontenimento del fronte realizzato mediante 25±20% microtrattamenti in jet-grouting diam. 300mm armati mediante elementi strutturali in VTR, L =14.0m, sovrapp. minima = 7.5m.
- ✓ Precontenimento al contorno della futura sezione di scavo mediante 52±20% colonne in jet-grouting diam. 600mm, L =16m, sovrapp. minima =9.5m, perforazione a vuoto =1.5m, passo=0.41m in calotta e passo =0.45m su reni e piedritti.
- ✓ Presostegno al contorno della futura sezione di scavo mediante 23 tubi in acciaio diam. 127mm, L =10m, sovrapp. minima =3.5m, passo=0.40m.
- ✓ Precontenimento al piede delle centine realizzato mediante 5+5 trattamenti in jet-grouting lung. media =12m, lung. media perf. a vuoto =5.0m, lung. media iniezione =7m.
- ✓ Rivestimento provvisorio composto da uno strato di 30cm di spritz-beton fibrorinforzato dosato a 35Kg/mc di fibre metalliche e doppie centine IPN180 con passo 1.0m±20%.
- ✓ Impermeabilizzazione in calotta costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC.
- ✓ Arco rovescio in calcestruzzo armato (spessore 90cm) e murette gettate ad una distanza dal fronte massima pari a 0.5Φ (diametro equivalente dell'area di scavo della galleria).
- ✓ Rivestimento definitivo di calotta in calcestruzzo armato dello spessore variabile da 55cm a 130cm, gettato entro una distanza massima di 2 Φ (diametro equivalente dell'area di scavo della galleria).

11.3 Rischi potenziali che incidono sulla realizzazione delle gallerie

Sulla base di quanto segnalato al paragrafo 10.2, in relazione alle principali criticità che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa delle gallerie, vengono di seguito descritte le modalità di avanzamento e gli interventi previsti per il superamento delle suddette criticità.

11.3.1 Instabilità del fronte e del cavo

Potenziati rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare le tratte di galleria a basse coperture (agli imbocchi di Funes e Forch e nel tratto di attraversamento dei depositi quaternari della Finestra Forch), quelle di attraversamento di zone tettonizzate e di transizione litologica ed, infine, i tratti di attraversamento dei depositi di frana inattivi (sia nella Finestra Funes che nella Finestra Forch).

In condizioni di bassa copertura, è prevista l'adozione di avanzamenti con sfondi di lunghezza limitata, preceduti da interventi di consolidamento al fronte e/o al contorno, in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi indotti dallo scavo e prevenire lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso. Nel caso in cui siano presenti delle interferenze in superficie, dovrà essere implementato un opportuno piano di monitoraggio per il controllo dei cedimenti indotti a piano campagna e degli effetti deformativi sulle interferenze stesse, sulla base dei risultati delle analisi di interferenza.

Anche per l'attraversamento di zone tettonizzate e dei depositi di frana inattiva, si ricorrerà ad interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno in relazione al grado di fratturazione e all'entità dei fenomeni deformativi attesi. In presenza di carichi idraulici compatibili con i rivestimenti, per consentire l'avanzamento in sicurezza e minimizzare l'impatto sulle condizioni idrauliche sotterranee e superficiali, è prevista l'esecuzione di drenaggi in avanzamento e l'impermeabilizzazione full-round a tergo del rivestimento definitivo di calotta ed arco rovescio; in tale caso, essendo limitato alla sola fase di scavo, il drenaggio della galleria non ha ripercussioni significative sull'equilibrio idrologico sotterraneo.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

Potenenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare le tratte di galleria a basse coperture, che riguardano le zone di imbocco e di fondovalle, e quelle di attraversamento di zone tettonizzate e di transizione litologica.

11.3.2 Fenomeni di squeezing ed elevate deformazioni (convergenze ed estrusioni)

Fenomeni di *squeezing* sono probabili solo in tratte limitate della Finestra Forch, in prossimità dell'innesto con la Galleria Scaleres, dove le coperture raggiungono e superano marginalmente 400m. Pertanto, nel caso in cui l'ammasso roccioso, costituito dalle Filladi di Bressanone (BSS), sia interessato da lineamenti tettonici e quindi presenti un elevato grado di disturbo, si prevede il ricorso a sezioni tipo di scavo e consolidamento con interventi di precontenimento al fronte ed al contorno e ricorrendo ad un sovrascavo opportunamente dimensionato al fine di consentire un ulteriore rilascio delle tensioni litostatiche per ridurre i carichi sui rivestimenti.

11.3.3 Spinte dissimmetriche

Nella porzione di tracciato che interessa la formazione delle Filladi di Bressanone (BSS), l'eventuale presenza di lineamenti aventi direzione parallela al tracciato potrebbe condurre ad una condizione nella quale la risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo è fortemente dissimmetrica. Queste condizioni geostrukturali potrebbero causare difficoltà in fase di scavo e produrre sollecitazioni imprevedute sui sistemi di supporto di prima fase e sui rivestimenti definitivi. In queste condizioni, il comportamento allo scavo è monitorato con mire ottiche al contorno del cavo, estensimetri multibase nell'ammasso, e barrette estensimetriche nel rivestimento di prima fase. In funzione della risposta deformativa si prevedono interventi di precontenimento del fronte e del contorno, l'adozione di centine metalliche con doppio profilato HEB180 e di un rivestimento definitivo armato anche in calotta (sez. C2v).

11.3.4 Risentimenti sulle infrastrutture sottoattraversate

Finestra Forch

La Finestra Forch sottoattraversa l'Autostrada A22 e la linea ferroviaria del Brennero con coperture pari, rispettivamente, a 15 e 18 m. Per il superamento in sicurezza di tali interferenze ed in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati, sono previsti interventi di precontenimento al fronte ed al contorno tramite colonne suborizzontali in jet-grouting, l'avanzamento con campi ridotti (6.5m), il getto dell'arco rovescio e, successivamente, del rivestimento definitivo di calotta a breve distanza dal fronte. In particolare, al contorno del cavo ed al piede centina verrà effettuata una doppia coronella in jet-grouting, con colonne parzialmente compenstrate, che consentiranno di consolidare una porzione di terreno sul perimetro di scavo in grado di creare un effetto arco in avanzamento al fine di produrre un'azione di precontenimento del nucleo-fronte (Figura 6). Inoltre, su un arco di 120° in calotta, è prevista l'esecuzione di un intervento di presostegno mediante tubi in acciaio valvolati.

Anche per il sottoattraversamento della S.S.12 al km 0+195, a circa 30 m dalla paratia frontale di imbocco, intorno al km 0+195, si ricorrerà alla medesima sezione tipo di scavo e consolidamento.

In fase realizzativa è prevista l'implementazione di un piano di monitoraggio sia a quota cavo sia di superficie, con rilievi e misure topografiche per il controllo degli spostamenti sul piano campagna e con l'installazione di strumentazione geotecnica per il controllo degli spostamenti profondi (estensimetri ed inclinometri).

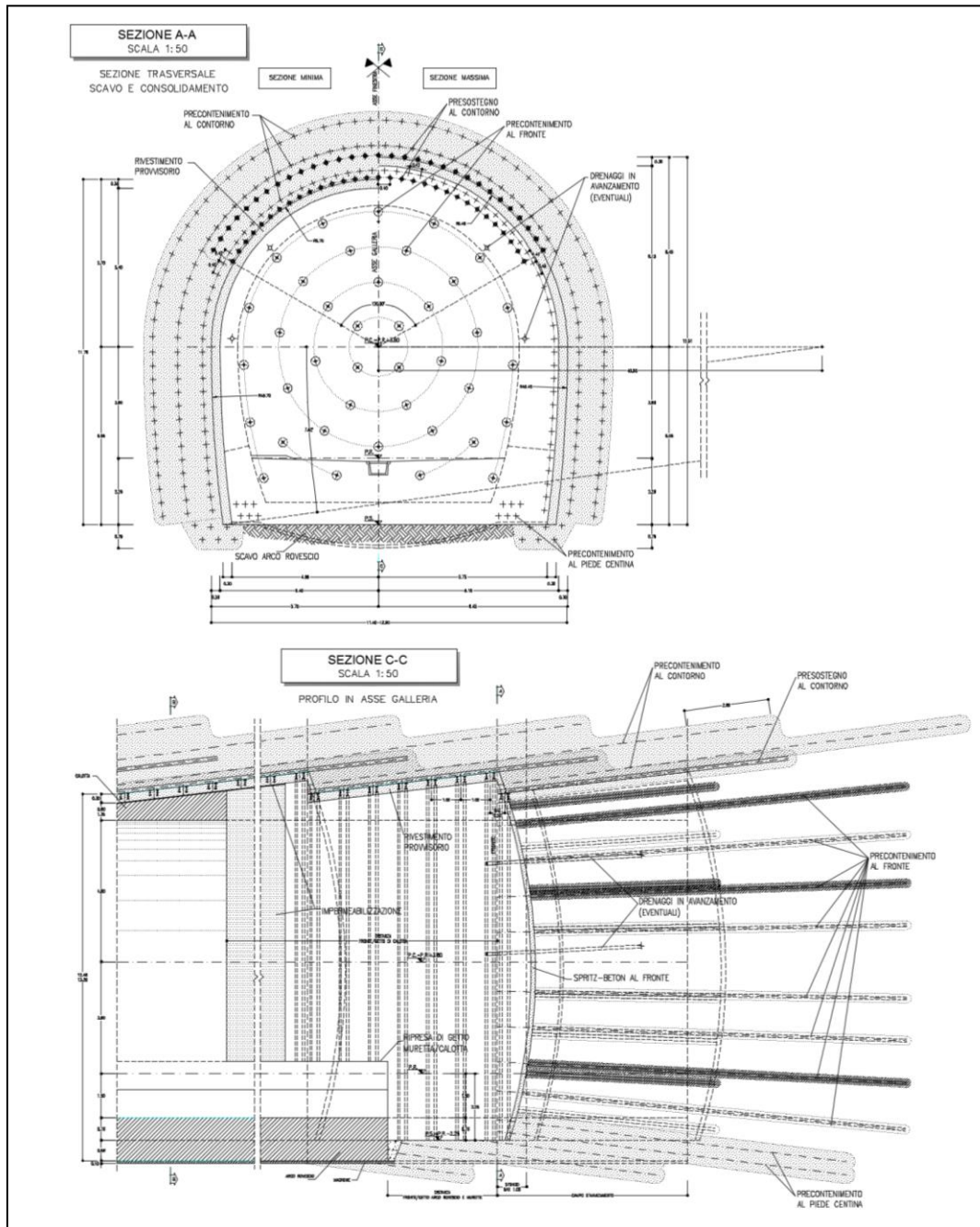


Figura 6 - Finestra Forch - Sezione tipo di scavo e consolidamento sottoattraversamento Autostrada A22, Ferrovia del Brennero e SS12

Finestra Funes

La paratia frontale di attacco in naturale della Finestra Funes è ubicata al piede del rilevato autostradale della A22, pertanto, il sottoattraversamento del rilevato avverrà in naturale con coperture intorno a 7÷8m. Considerate le caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati, costituiti prevalentemente dal corpo del rilevato e dai sottostanti depositi alluvionali, per lo scavo in sicurezza al di sotto del rilevato si ricorrerà ad una sezione tipo di scavo e consolidamento analoga a quella descritta per gestire l'interferenza autostradale e ferroviaria lungo il tracciato della Finestra Forch. Nella Figura 7, è rappresentata la sezione tipo C1bis di scavo e consolidamento utilizzata.

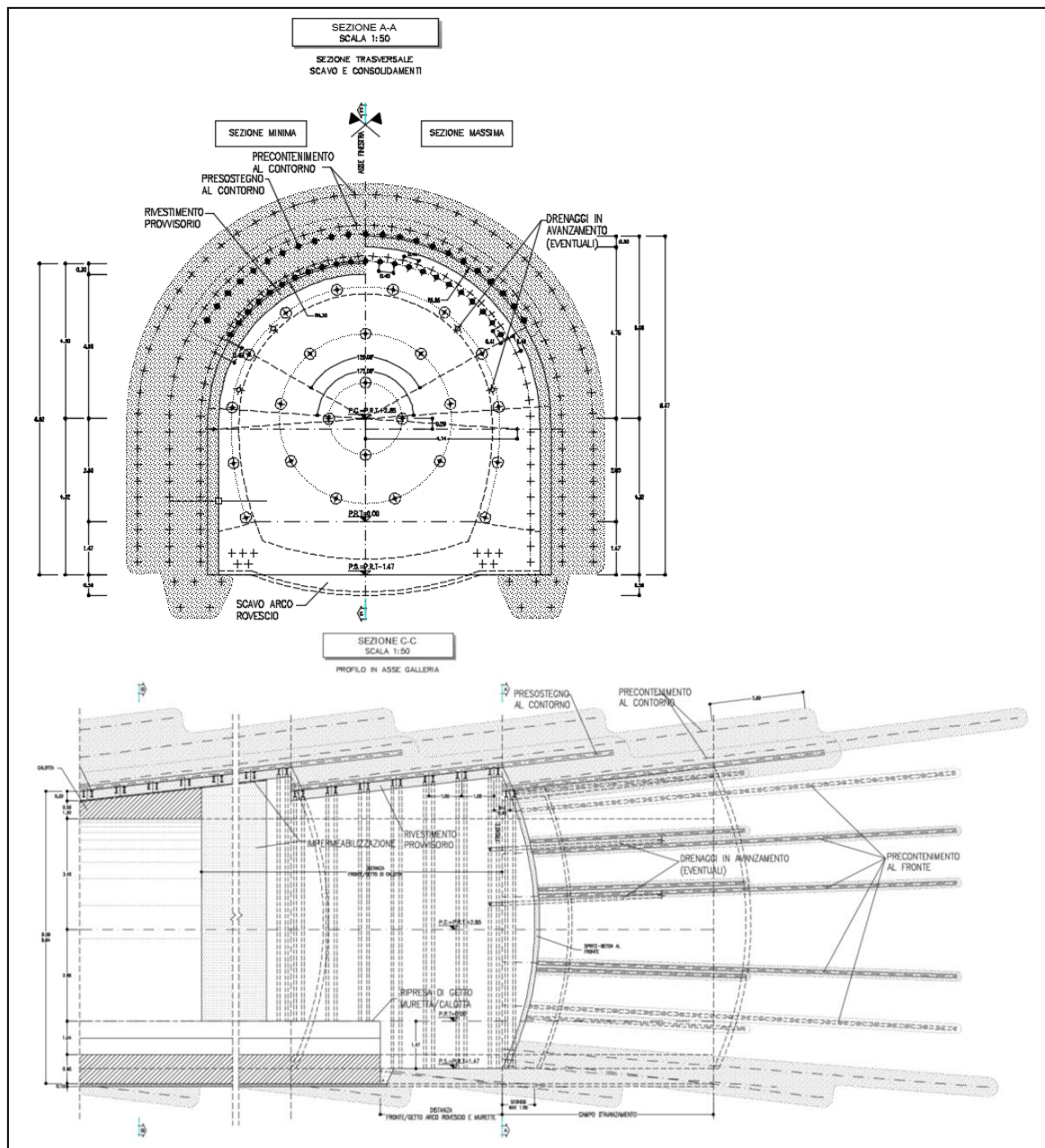


Figura 7 - Finestra Funes - Sezione tipo di scavo e consolidamento sottoattraversamento Autostrada A22

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	FINESTRE FUNES E FORCH - RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D07RG	DOCUMENTO GN 00 0 001	REV. B

Nel tratto di galleria naturale immediatamente successivo al sottoattraversamento del rilevato autostradale, la copertura si riduce, pertanto, nei successivi approfondimenti progettuali si valuterà l'opportunità di eseguire un intervento di consolidamento da piano campagna propedeutico allo scavo in naturale.

Anche in tal caso, in fase realizzativa è prevista l'implementazione di un piano di monitoraggio sia a quota cavo sia di superficie, con rilievi e misure topografiche per il controllo degli spostamenti sul piano campagna e con l'installazione di strumentazione geotecnica per il controllo degli spostamenti profondi (estensimetri ed inclinometri).

12 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

12.1 Il monitoraggio durante la fase realizzativa

Durante la realizzazione delle opere in sotterraneo si dovrà porre in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare ed ottimizzare le scelte progettuali effettuate, in termini di intensità degli interventi di consolidamento e confinamento previsti e di successione delle fasi esecutive, in particolare: cadenze di scavo e distanze di getto dal fronte dei rivestimenti definitivi in funzione dei livelli deformativi del fronte e del cavo. Questi adeguamenti progettuali fanno parte dell'approccio progettuale ADECO-RS (Rif. [15]), e più in generale del "metodo osservazionale". Il monitoraggio ha inoltre lo scopo di controllare gli eventuali effetti indotti in superficie nelle condizioni di basse coperture e, particolarmente, in presenza di interferenze.

Monitoraggio opere provvisorie di imbocco:

In fase di esecuzione delle opere provvisorie di imbocco ed, in generale, fino a completamento della sistemazione definitiva della galleria artificiale, verrà posto in opera il seguente sistema di monitoraggio:

- Eventuale monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda;
- Monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti delle paratie e del terreno limitrofo;
- monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sull'opera di sostegno;
- monitoraggio delle sollecitazioni indotte dallo scavo sui tiranti mediante celle di carico;
- monitoraggio degli spostamenti mediante mire ottiche sulle facciate dei fabbricati interferenti;
- monitoraggio degli spostamenti mediante capisaldi di livellazione in corrispondenza dei fabbricati interferenti;
- monitoraggio dell'eventuale quadro fessurativo esistente sugli edifici mediante fessurimetri meccanici tridirezionali.

Monitoraggio interno gallerie naturali:

Per le finestre, realizzate con scavo tradizionale, sono previste cinque sezioni tipo di monitoraggio interno (Rif. [13] e Rif. [10]):

- sezione tipo 1: sezione per il controllo della convergenza, composta da 5 mire ottiche,
- sezione tipo 2: sezione per il controllo degli spostamenti longitudinali del fronte, composta da 1 estrusometro,
- sezione tipo 3: sezione per il controllo delle deformazioni al contorno del cavo, composta da 5 estensimetri multibase,

- sezione tipo 4: sezione di controllo del rivestimento di prima fase, composta da 5 coppie di barrette estensimetriche e 2 celle di pressione.
- sezione tipo 5: sezione di controllo del rivestimento definitivo, composta da 6 coppie di barrette estensimetriche.
- Di seguito sono descritti i campi di applicazione e la frequenza di installazione delle sezioni tipo di monitoraggio:
- Sezione tipo 1: da applicarsi per tutte le sezioni di scavo e consolidamento; la frequenza di installazione è di una sezione ogni 20 m per le tratte con sezioni di scavo di tipo A; una sezione per campo per le sezioni di scavo di tipo B e di tipo C.
- Sezione tipo 2: è prevista per le sezioni di scavo di tipo C, eventuale per le sezioni di scavo di tipo B; la frequenza di installazione è di un estrusometro (L = 30m) ogni due campi per le sezioni tipo B1, C1 e C2v; un estrusometro (L=30m) ogni tre campi per le sezioni C1bis.
- Sezione tipo 3: da applicarsi per le sezioni di scavo di tipo B e C; la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m.
- Sezione tipo 4: la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m.
- Sezione tipo 5: la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m.

Le frequenze di misure previste per le diverse sezioni tipo di monitoraggio sono le seguenti:

- Sezione tipo 1: una misura ogni due giorni fino al getto del rivestimento definitivo per le sezioni di scavo di tipo A; una misura al giorno fino al getto del rivestimento definitivo per le sezioni di scavo di tipo B e C.
- Sezione tipo 2: tre misure ogni campo
- Sezione tipo 3: una misura ogni giorno fino al getto del rivestimento definitivo
- Sezione tipo 4: letture giornaliere fino al getto della calotta
- Sezione tipo 5: letture giornaliere fino al getto del concio adiacente, letture mensili fino a fine lavori.

Si prevede inoltre l'esecuzione di rilievi del fronte di scavo per la restituzione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali dell'ammasso al fronte di scavo; sono previsti rilievi ogni 20 m per lo scavo con sezione di avanzamento di tipo A, per ogni campo di scavo per le sezioni di tipo B e C e comunque ad ogni cambio litologico.

Monitoraggio esterno gallerie naturali:

In fase di scavo, per le tratte a basse coperture e in presenza di interferenze (sottoattraversamenti A22 Finestre Funes e Forch, sottoattraversamento Ferrovia del Brennero e SS12 Finestra Forch) è previsto il seguente sistema di monitoraggio esterno:

- installazione di capisaldi su un allineamento longitudinale in asse alla galleria e su sezioni disposte trasversalmente all'asse della galleria per il controllo dei cedimenti al piano campagna, mediante;
- sezioni con strumentazione geotecnica costituite da inclinometri, estensimetri e piezometri per il controllo delle deformazioni e delle pressioni interstiziali nell'ammasso al contorno della galleria.

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.

Gli strumenti di misura utilizzati dovranno permettere di garantire la precisione e l'affidabilità delle letture in modo da non essere influenzati in modo significativo da cambiamenti di temperatura, umidità, corrente elettrica e vibrazioni indotte. La strumentazione di monitoraggio dovrà essere installata e predisposta all'uso con sufficiente anticipo rispetto all'arrivo degli scavi e dei consolidamenti in modo da poter effettuare le necessarie misure di zero

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

13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato illustrato il progetto definitivo delle parti variate di alcune delle opere civili in sotterraneo riguardanti il 1° lotto prioritario "Fortezza-Ponte Gardena". Per quanto riguarda le opere in sotterraneo, sono oggetto della presente progettazione le Finestre Funes e Forch e le opere di imbocco delle Finestre Albes e Chiusa.

Dopo una descrizione del tracciato e delle principali opere, è stato presentato il quadro di riferimento geologico ed idrogeologico, che ha consentito di individuare le problematiche geologiche e geotecniche connesse alle soluzioni progettuali.

Sulla base del modello geotecnico, formulato nella fase conoscitiva, si è proceduto alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo (fase di diagnosi). Tale valutazione è stata condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS (par. 10.1).

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico, dall'inquadramento geologico-idrogeologico, dalla previsione della risposta deformativa allo scavo, dalla configurazione delle gallerie e dai vincoli programmatici è derivata la scelta del metodo di scavo più appropriato per la realizzazione delle gallerie naturali. Per la fase realizzativa sono stati individuati gli schemi operativi di costruzione e gli eventuali rischi che possono incidere sulla realizzazione delle opere.