

LIASON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE**

**PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)**

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE

**SECTION COURANTE COTE ITALIE – SEZIONE CORRENTE LATO ITALIA
SCENARIOS DE PROJET COTE ITALIE – SCENARI DI PROGETTO LATO ITALIA**

RAPPORT GENERAL DESCRIPTIF – RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	14/12/2012	Première diffusion / Prima emissione	M. JANUTOLO (BG) C. SALOT (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	M. JANUTOLO (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	07/05/2013	Révision pour commentaires après livraison dossier PD / Revisione per commenti dopo consegna dossier PD	M. JANUTOLO (BG) E. GARIN (BG)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
C	30/10/2016	Première émission PRV / révision générale / Prima emissione PRV – revisione generale	M. JANUTOLO (BG) C. SALOT (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
D	27/01/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	M. JANUTOLO (BG) C. SALOT (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
E	29/03/2017	Révision suite aux commentaires TELT et passage au statut AP / Revisione a seguito commenti TELT e passaggio allo stato AP	M. JANUTOLO (BG) C. SALOT (BG)	F. MAGNORFI C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI

CODE DOC	P	R	V	C	3	A	T	S	3	0	4	3	5	E
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3A	//	//	26	19	00	10	01
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	5
1.1 Generalità.....	5
1.2 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato.....	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1 Quadro normativo di riferimento.....	6
2.2 Documenti di progetto	6
2.3 Disposizioni relative alla sicurezza	8
3. DESCRIZIONE DELL'OPERA	8
3.1 Inquadramento generale.....	8
3.2 Tracciato	10
4. METODI DI SCAVO LUNGO IL TRACCIATO	11
4.1 Metodi possibili	11
4.1.1 Scavo con metodo tradizionale	12
4.1.2 Scavo con metodo meccanizzato (TBM).....	12
4.2 Metodologie scelte per il Tunnel di Base	13
5. I CANTIERI ED I FRONTI D'ATTACCO	15
6. CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE CORRENTE DELLA GALLERIA.....	16
6.1 Requisiti e forma della sezione.....	16
6.2 Principi generali della struttura.....	20
6.2.1 Sostegno di prima fase (per scavo in convenzionale e con TBM aperta).....	20
6.2.2 Rivestimento definitivo (per scavo in convenzionale e con TBM aperta).....	20
6.2.3 Rivestimento in conci (scavo con TBM scudata)	21
6.2.4 Impermeabilizzazione e drenaggio	22
6.3 Tolleranze di deformazione e di costruzione.....	24
6.3.1 Tolleranze di deformazione durante lo scavo	24
6.3.2 Tolleranze di costruzione.....	25
7. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI SPECIALI.....	25
7.1 Sezioni allargate nella zona degli imbocchi a Susa.....	25
7.2 Caverne per il montaggio e lancio e per lo smontaggio delle TBM.....	28
7.3 Rami e locali tecnici	29
8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	31
8.1 Sostegni.....	31
8.2 Rivestimento definitivo e finiture.....	31
8.3 Sistema di drenaggio.....	31
9. REQUISITI DI DURABILITÀ (CLASSI DI ESPOSIZIONE, RESISTENZA AL FUOCO E MESSA A TERRA).....	32
9.1 Durabilità	32
9.2 Resistenza al fuoco	33
9.3 Messa a terra (correnti vaganti)	33
10. TRATTAMENTO DEI MATERIALI IN USCITA DAL TUNNEL.....	34
11. MANUTENZIONE DEL TUNNEL IN FASE DI ESERCIZIO.....	34

12.	CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI	35
13.	MONITORAGGIO.....	36

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Schema del tracciato	9
Figura 2: Planimetria del Tunnel di base nella tratta lato Italia	11
Figura 3: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo in convenzionale.....	18
Figura 4: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo con TBM aperta.....	19
Figura 5: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo con TBM scudata.....	19
Figura 6: Rappresentazione planimetrica delle tratte	26
Figura 7: Sezioni tipo dei cameroni pari e dispari della tratta A.....	27
Figura 8: gru a portale nelle caverne di montaggio/smontaggio (con riferimento alla TBM aperta, che presenta un diametro più grande).....	28
Figura 9: sezione longitudinale della caverna di montaggio e lancio per la fresa mista scudata	29
Figura 10: schemi dei rami e locali tecnici	30

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Sintesi per le metodologie di scavo sulla tratta lato Italia	15
Tabella 2: Tratte nella zona degli imbocchi (pk riferite al BP)	25
Tabella 3: Classi di esposizione e copriferri minimi lungo il tracciato	33

RESUME / RIASSUNTO

Ce document contient la description de la section courante coté Italie du Tunnel de Base du Mont-Cenis de la Nouvelle Ligne Lyon-Turin, depuis la frontière (pk 48+677 VP) jusqu'au portail Est du tunnel à Susa (pk 61+076.5 VP). Le site de sécurité de Clarea n'est pas compris dans cette description et fait l'objet du chapitre 26-46.

Elle fournit une vision générale de la structure des deux tubes du Tunnel de Base (soutènement, revêtement, étanchéité, fronts d'attaque, auscultation, tolérance, maintenance, etc ...) et une synthèse des méthodes et du planning de construction prévus le long du tronçon.

Elle comprend également une description des cavernes pour les tiroirs en phase d'exploitation dans la zone des têtes à Susa.

Questo documento contiene la descrizione della sezione corrente lato Italia del Tunnel di Base del Moncenisio della Nuova Linea Torino-Lione, ovvero la tratta che va dalla fine dell'area di sicurezza di Clarea (pk 48+677 BP) fino all'imbocco Est a Susa (pk 61+076.5 BP). L'area di sicurezza di Clarea non è compresa in questa descrizione ed è oggetto del capitolo 26-46.

Fornisce una visione generale della struttura corrente delle due canne del Tunnel di Base in tutti i suoi aspetti (sostegno, rivestimento, impermeabilizzazione, impianti, fronti di attacco, monitoraggio, tolleranze, manutenzione, ecc...), nonché una sintesi dei metodi e del planning di costruzione previsti lungo la tratta.

Comprende anche una descrizione dei cameroni per l'alloggio dei tronchini di salvamento in fase di esercizio nella zona degli imbocchi a Susa.

1. Introduzione

1.1 Generalità

Questo documento descrive la sezione corrente del Tunnel di Base del Moncenisio della Nuova Linea Torino-Lione lato Italia, ovvero la tratta che va dal confine di Stato (pk 48+677 BP) fino all'imbocco Est a Susa (pk 61+076.5 BP). Comprende quindi le sezioni correnti del Tunnel di Base (2 canne) e le sezioni allargate nella zona degli imbocchi a Susa (cameroni per l'alloggio dei tronchini di salvamento). L'area di sicurezza di Clarea non è considerata in questo documento ed è oggetto del capitolo 26-46.

Questo documento dovrà essere consultato congiuntamente agli altri documenti sviluppati per il Progetto Definitivo, elencati nel capitolo 2. All'interno del testo, per ogni specifico argomento, si farà riferimento a tali documenti a cui si rimanda per la trattazione completa. L'obiettivo di questo documento è di costituire una sintesi ed una "guida alla lettura", in modo da illustrare qual è il contenuto per ciascun documento specifico e poter avere una visione generale sugli elaborati di Progetto Definitivo Approvato (denominato nel seguito PD2) / Progetto di Variante (PRV) per questa tratta.

1.2 Modifiche rispetto al Progetto Definitivo Approvato

Le variazioni del PRV rispetto al PD2 sono molteplici e sono sintetizzate nel seguito:

- Tracciato: il tracciato plano-altimetrico è stato modificato a causa della nuova ubicazione dell'area di sicurezza di Clarea. Le modifiche sono descritte nel documento PRV_C3A_0270_23-02-00_10-01_Relazione tecnica di tracciato. L'area di sicurezza di Clarea non si trova più al termine della tratta lato Francia bensì all'interno della tratta lato Italia. Per il resto, il tracciato ricalca quello di PD2 e la posizione degli imbocchi lato Susa rimane invariata.
- Ritorno di esperienza geologico/idrogeologico/geomeccanico del cunicolo della Maddalena: la progettazione ha integrato l'esperienza dello scavo della galleria geognostica della Maddalena. Questo ha riguardato in generale il complesso d'Ambin ed il complesso di Clarea, ovvero la tratta che va dal confine di Stato fino alla pk 54+800 circa. In particolare, si può beneficiare direttamente dei dati provenienti dal cunicolo nella tratta già scavata di cunicolo in asse al TdB, ovvero dalla pk 50 circa fino all'area di sicurezza di Clarea.
- Metodi di scavo: la variante progettuale a seguito della prescrizione n. 235 in fase di approvazione del Progetto Definitivo da parte del CIPE porta ad una revisione dei metodi di scavo e dei fronti di attacco, come descritto nell'elaborato PRV_C3A_0880_33-02-02_Relazione illustrativa sui metodi di scavo delle gallerie e delle opere connesse.
- Gestione rocce verdi: si rimanda al documento specifico PRV_C3A_7610_33-02-02.
- Geometria: la geometria (sagoma interna) della sezione corrente rimane invariata. Le modifiche geometriche hanno riguardato le caverne di montaggio/smontaggio, che sono state rese più grandi al fine di poter ospitare al loro interno una gru a portale (al posto di un carroponte sospeso), ed i cameroni all'imbocco Est la cui forma è stata ottimizzata permettendo una lieve riduzione dei volumi di scavo nelle rocce verdi.
- Sezioni tipo: nel caso di scavo con TBM aperta, a seguito del ritorno di esperienza della Maddalena, si è modificata la sezione tipo TS1b. Per lo scavo in tradizionale, a seguito del ritorno di esperienza della Maddalena, si è creata un'ulteriore sezione tipo, la S11. Il sostegno dei cameroni all'imbocco ha inoltre presentato variazioni a seguito

della modifica del metodo di scavo e degli attacchi. Per maggiori dettagli si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00.

- Cavidotto Venaus-Susa: a partire dalla pk 56+385 circa fino all'imbocco Est di Susa vi è l'alloggiamento del cavidotto 132 kV.

2. Documenti di riferimento

2.1 Quadro normativo di riferimento

Il quadro normativo di riferimento è trattato nell'allegato 4.1 del Dossier Preliminare della Sicurezza (documento PRF_C1_0003_00-00-00_10-03).

2.2 Documenti di progetto

I documenti di riferimento per questa relazione generale illustrativa si trovano nei capitoli 05 (elaborati generali), 26-01 (documenti generali comuni Italia-Francia), 26-19 (sezione corrente lato Italia), 26-90 (rami), 32 (manutenzione e rinnovamento opere civili), 33 (costruzione), 35 (planning) e 39 (DAT). Non si riportano tutti gli elaborati per ogni capitolo, ma solo quelli esplicitamente citati nel testo. Dalle relazioni specifiche si troveranno i riferimenti per gli elaborati ad essi collegati.

Il documento di riferimento del capitolo 05 (elaborati generali) è il seguente:

- PD2_C3A_1629_05-02-00 Progetto dei tunnel – Predisposizioni civili per la messa a terra elettrica ai fini della protezione contro i contatti indiretti e le correnti vaganti.

I documenti di riferimento del capitolo 26-01 (documenti generali comuni Francia-Italia) sono i seguenti:

- PD2_C3A_0318_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo tradizionale
- PD2_C3A_0319_26-01-10 Sezioni tipo descrittive con impianti in curva, scavo tradizionale
- PD2_C3A_0316_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo con fresa aperta
- PD2_C3A_0317_26-01-10 Sezioni tipo descrittive con impianti in curva, scavo con fresa aperta
- PD2_C3A_0311_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo con fresa scudata, con drenaggio
- PD2_C3A_0313_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in curva, scavo con fresa scudata, con drenaggio
- PD2_C3A_0314_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo con fresa scudata, senza drenaggio
- PD2_C3A_0315_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in curva, scavo con fresa scudata, senza drenaggio
- PRV_C3A_7470_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo con fresa scudata, con cavi 132 kV e drenaggio

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

- PRV_C3A_7471_26-01-10 Sezione tipo descrittive con impianti in curva, scavo con fresa scudata, con cavi 132 kV e drenaggio
- PRV_C3A_7472_26-01-10 Sezione tipo descrittiva con impianti in rettilineo, scavo con fresa scudata, con cavi 132 kV e senza drenaggio
- PRV_C3A_7473_26-01-10 Sezione tipo descrittive con impianti in curva, scavo con fresa scudata, con cavi 132 kV e senza drenaggio.

I documenti di riferimento del capitolo 26-19 (sezione corrente lato Italia) sono i seguenti:

- PRV_C3A_3949_26-19-00 Relazione tecnica e di calcolo
- PRV_C3A_3950_26-19-00 Relazione di calcolo del rivestimento con conci prefabbricati
- PRV_C3A_3951_26-19-00 Profilo longitudinale geologico-geomeccanico con applicazione delle sezioni tipo - 1/2
- PRV_C3A_3948_26-19-00 Profilo longitudinale geologico-geomeccanico con applicazione delle sezioni tipo - 2/2
- PRV_C3A_0452_26-19-00 Relazione tecnica di monitoraggio
- PRV_C3A_3953_26-19-10 Planimetria in corrispondenza degli imbocchi con indicazione delle tratte
- PRV_C3A_3954_26-19-10 Sezione trasversale descrittiva con impianti in corrispondenza degli imbocchi – sezione A-A
- PRV_C3A_3955_26-19-10 Sezione trasversale descrittiva con impianti in corrispondenza degli imbocchi – sezione C-C
- PRV_C3A_3952_26-19-40 Relazione descrittiva sul sistema di drenaggio
- PD2_C3A_3994_26-19-20 Sezione tipo S1-S6, S9 carpenteria
- PD2_C3A_3995_26-19-20 Sezione tipo S7-S8 carpenteria
- PRV_C3A_3996_26-19-20 Sezione di allargamento per montaggio/smontaggio TBM – sezione tipo CS1
- PRV_C3A_3997_26-19-20 Sezione di allargamento per montaggio/smontaggio TBM – sezione tipo CS2
- PRV_C3A_3999_26-19-20 Sezione di allargamento per montaggio/lancio TBM – carpenteria
- PRV_C3A_4000_26-19-20 Sezione di allargamento per smontaggio TBM – carpenteria
- PD2_C3A_4012_26-19-30 Sezioni tipo TS1-TS3 – carpenteria
- PD2_C3A_4016_26-19-30 Sezioni tipo TS4, TS5 – carpenteria
- PD2_TS3_4017_26-19-30 Sezioni tipo TM40, TM45 – carpenteria
- PRV_C3A_3956_26-19-40 Relazione tecnica sul sistema di drenaggio
- PRV_C3A_7671_26-19-49 Relazione descrittiva e di calcolo delle opere per alimentazione 132 kV.

Il documento di riferimento dal capitolo 26-90 (rami) è il seguente:

- PRV_C3A_1200_26-90-10 Relazione illustrativa

Il documento di riferimento del capitolo 32-01 (manutenzione - opere in sotterraneo) è il seguente:

PRV_C3A_6050_32-01-01 Gestione della manutenzione della galleria di linea e dei rami

I documenti di riferimento del capitolo 33-02 (metodologia costruttiva in sotterraneo) sono i seguenti:

- PRV_C3A_0880_33-02-02 Relazione illustrativa sui metodi di scavo e delle opere connesse - lato Italia
- PRV_C3A_0896_33-02-02 Scavo meccanizzato con fresa

Il documento di riferimento relativo al cronoprogramma dei lavori è il seguente:

- PRV_C30_0087_35-00-00_Planning "chemin de fer" delle opere civili

I documenti di riferimento del capitolo 39 (Rischio di slittamento dei costi e dei tempi di costruzione – analisi DAT) sono i seguenti:

- PRV_C3A_8200_39-01-01 Analisi DAT: illustrazione modello
- PRV_C3A_7941_39-01-01 Analisi DAT: presentazione dei risultati
- PRV_C3A_8211_39-01-01 Analisi DAT: diagramma probabilistico “chemin de fer”.

2.3 Disposizioni relative alla sicurezza

I requisiti legati alla sicurezza sono principalmente contenuti all'interno del documento PRF_C30_0014_50-02-00_10-10 "Consegna 43 – Specifiche normative funzionali" e relativi allegati PRF_C30_0015_50-02-00_10-10.

3. Descrizione dell'opera

3.1 Inquadramento generale

Il progetto della sezione transfrontaliera della parte comune italo-francese della Nuova Linea Torino-Lione (NLTL) riguarda la parte di linea che va da Saint-Jean-de-Maurienne in Francia fino a Susa in Italia, compresa l'interconnessione con la linea storica Torino-Modane a Bussoleno. Si iscrive nell'ambito del corridoio transeuropeo ad alta velocità/alta capacità tra Spagna ed Ungheria ed in particolare nella porzione che va da Lione a Torino e che è stato oggetto dell'accordo tra i governi francese ed italiano del 30/01/2012.

Il binario Pari della linea sviluppa m 63990,2 a cui si aggiungono 2877,05 m dell'Interconnessione Pari.

Il binario Dispari della linea sviluppa m 63731,00 a cui si aggiungono 2366,74 m dell'Interconnessione Dispari.

Essendo il Confine di Stato alla progressiva m 48676,91 (48677 per il seguito), il tratto di binario Pari in territorio francese sviluppa m 48677, mentre quello in territorio italiano sviluppa m 15313, a cui si aggiunge l'Interconnessione Pari.

Il tunnel è costituito da due gallerie monobinario di interasse normalmente di 40 m lato Italia, che aumenta fino a 80 m in prossimità dell'area di sicurezza di Clarea e che si riduce in prossimità dell'imbocco est a Susa.

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

Lungo il tunnel sono previste tre aree di sicurezza sotterranee, nonché una serie di rami di comunicazione di superficie minima imposta dalle norme di sicurezza CIG, collocati a distanze massime di 333 m circa. Ogni quattro rami sono previsti locali tecnici.

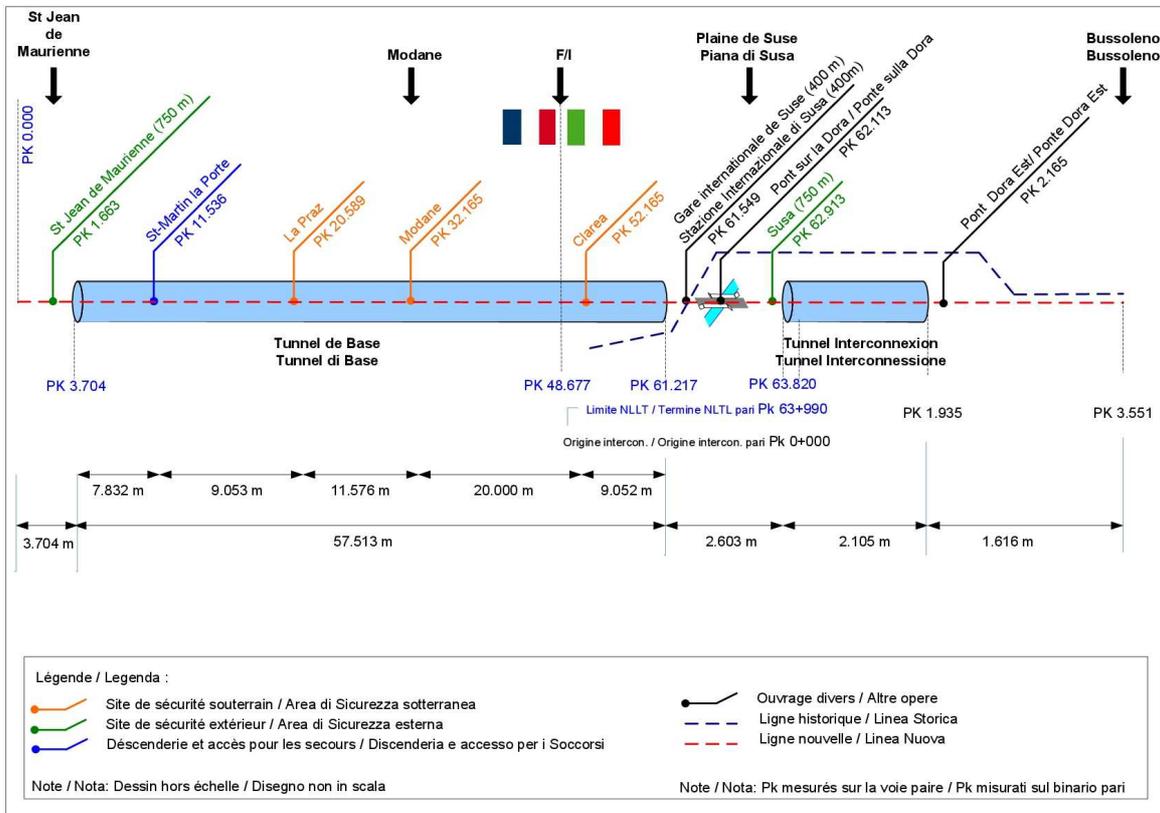


Figura 1: Schema del tracciato

La linea ferroviaria consente un traffico misto ad Alta Capacità con convogli passeggeri e merci veloci; inoltre la linea potrà essere percorsa da convogli a grande sagoma della Autoroute Ferroviaria (AF).

Le velocità dei treni che impegneranno la parte comune della nuova linea sono le seguenti (si veda la consegna 43 – documento PRF_C30_0014_50-02-00):

- Treni viaggiatori alta velocità (V): 220 km/h;
- Treni viaggiatori regionali veloci (VR): 220 km/h ;
- Treni Viaggiatori della Neve (VTN): 220 km/h;
- Treni di Autostrada Ferroviaria a grande sagoma (AF): 120 km/h;
- Treni di Autostrada Ferroviaria Modalohr (AFM): 120 km/h;
- Treni di merci convenzionali:
 - Diffuso: 100 o 120 km/h;
 - Treno intero: 100 km/h;
 - Trasporto combinato: 100 o 120 km/h;
 - Automobili: 120 km/h;
 - Vuoti: 100 o 120 km/h.
 - Regionali: 100 km/h.

Il materiale rotabile per il traffico viaggiatori sarà tale da consentire velocità superiori a 220 km/h per sfruttare a pieno la velocità di tracciato sulle tratte di accesso lato Francia e sulle tratte AV Italiane e Francesi.

Tutte le progressive, salvo non sia scritto diversamente, sono riferite al binario Pari.

Per maggiori dettagli si veda la relazione tecnica di tracciato (PRV_C3A_0270_23-02-00) e gli elaborati grafici relativi alla geometria e ai tracciati elencati in quella relazione.

3.2 Tracciato

A partire dal confine di Stato, il tracciato si mantiene rettilineo fino alla pk 50+485. Presenta poi due curve planimetriche di raggio 9000 m ed un rettilineo fino all'area di sicurezza (pk di riferimento: 52+165).

Il Tunnel di Base assume poi un andamento sinuoso con una curva di raggio 4.000 m e 2 curve di raggio 4.210 m. La prima, molto ampia, consente al tracciato ferroviario di svilupparsi a nord degli impianti della centrale idroelettrica di Pont Ventoux, eliminando ogni interferenza con essi; la seconda sottoattraversa la Val Cenischia ed il torrente omonimo; la terza si sviluppa poco prima dell'imbocco est del Tunnel di Base e consente di ottenere gli allineamenti geometrici per realizzare la Stazione Internazionale di Susa subito dopo l'imbocco. In questo tratto il tracciato si sviluppa a nord della galleria Mompantero dell'autostrada A32 per poi uscire all'aperto nella piana di Susa dal portale del Tunnel di Base, situato ad est del portale lato Torino della galleria autostradale Mompantero. Il tratto finale della canna dispari del Tunnel di Base, prima di giungere alla zona di imbocco, presenta dei cameroni sia sul binario pari che sul binario dispari per consentire lo stacco del binario di precedenza nord della Stazione Internazionale di Susa e del relativo tronchino di salvamento. Segue la galleria artificiale di imbocco fino alla pk 61+217.

L'andamento altimetrico a partire dal confine di Stato è caratterizzato da una livelletta in discesa del 10,97 per mille. Alla Pk 51+564 inizia la livelletta del 2 per mille, sempre in discesa, richiesta dalle specifiche funzionali per l'Area di Sicurezza di Clarea. Successivamente vi sono livellette in discesa verso Susa dell'11,18 per mille. Gli ultimi 415 m circa nelle vicinanze dell'imbocco sono caratterizzati da una livelletta del 2 per mille.

Il tracciato dei binari di corsa della sezione transfrontaliera della NLTL ha una velocità di progetto di 250 km/h, In alcuni tratti però, ove sono presenti dei vincoli, tale velocità scende a 220 km/h. Vi è il seguente tratto in territorio italiano:

- tra le progressive 61+097 e 63+284 (Binario Pari) e tra le Pk 60+960 e tra le Pk 63+105 (Binario Dispari) per poter inserire tutti gli scambi ed i binari della stazione internazionale e dell'Area tecnica di Susa.

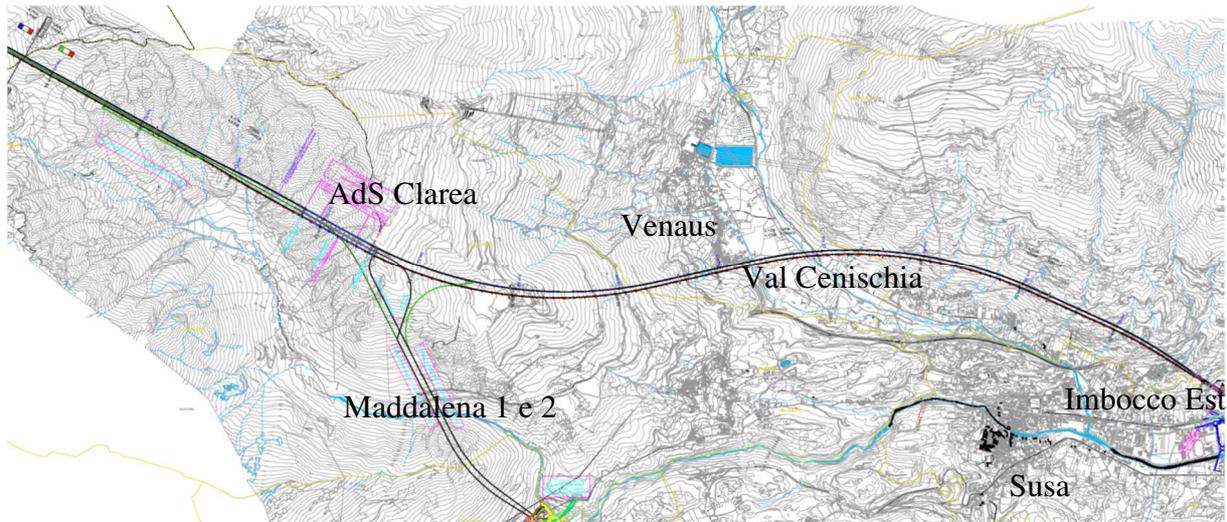


Figura 2: Planimetria del Tunnel di base nella tratta lato Italia

3.3 Strutture in prossimità del tunnel

Il tracciato del tunnel di base della NLTL non presenta sostanziali interferenze con le preesistenze antropiche e naturali.

Nel tratto tra la pk 52+280 e la pk 56+500 circa il tracciato ferroviario si sviluppa a nord delle gallerie dell'impianto idroelettrico di Pont Ventoux. La distanza planimetrica minima tra la canna pari della Linea Nuova e la più vicina condotta dell'impianto è di circa 175 m.

Intorno alla pk 56+200 il tracciato passa al di sotto di alcuni edifici del Comune di Venaus, con coperture dell'ordine di 55 m.

Alla pk 56+920 circa il tracciato sottopassa il torrente Cenischia con una copertura di 51 m circa.

Il Tunnel di Base si avvicina della galleria autostradale di Mompantero tra le pk 60 e 61. La distanza minima tra le due opere è di circa 90 m.

3.4 Inquadramento geologico-geomeccanico

Per la geologia e geomeccanica lungo la tratta, si vedano, gli elaborati del lotto C3B (relazione PRV_C3B_0110_26-19-01 e documenti ad essa connessi), la relazione tecnica e di calcolo (PRV_C3A_3949_26-19-00), in cui si sono illustrate anche le principali problematiche legate allo scavo ed il profilo longitudinale geologico-geomeccanico con sezioni tipo (PRV_C3A_3951_26-19-00 e PRV_C3A_3948_26-19-00).

4. Metodi di scavo lungo il tracciato

Il presente capitolo illustra i metodi di scavo possibili per lo scavo della sezione corrente del Tunnel di Base e la scelta operata a livello di Progetto di Variante per la definizione dei metodi costruttivi più appropriati lungo il tracciato della sezione corrente lato Italia.

4.1 Metodi possibili

I metodi di costruzione ipotizzabili per il Tunnel di Base sono molteplici e dipendono dalle diverse caratteristiche geotecniche – geomeccaniche, dal comportamento allo scavo degli ammassi che dovranno essere attraversati, dalle diverse tecnologie di scavo in sotterraneo

oggi disponibili e dalla configurazione dei fronti di attacco, ma in linea di principio, tutti sono riconducibili a metodologie tradizionali (D&B) o meccanizzate (TBM).

Di seguito sono sinteticamente richiamate le caratteristiche salienti dei due metodi.

4.1.1 Scavo con metodo tradizionale

Il metodo consiste essenzialmente in due fasi ben distinte:

- l'abbattimento dell'ammasso roccioso a mezzo di esplosivo e/o mezzo meccanico puntuale (escavatore, martellone, fresa puntuale);
- nell'installazione dei sostegni di prima fase, del sistema d'impermeabilizzazione e poi dei rivestimenti definitivi ad una certa distanza dal fronte di scavo compatibilmente con il comportamento allo scavo dell'ammasso ed alle esigenze legate alla logistica di cantiere.

Tale metodo ha la caratteristica di essere molto flessibile in termini di:

- geometria di scavo (scavo a piena sezione o mezza sezione con forme e dimensioni variabili);
- distanza d'installazione dei sostegni dal fronte;
- possibilità di eseguire grandi sovrascavi e di installare sostegni deformabili dove necessario;
- cambio del metodo di abbattimento vero e proprio della massa rocciosa;
- possibilità di eseguire "agilmente" trattamenti della massa rocciosa in avanzamento rispetto al fronte di scavo.
- possibilità di attaccare immediatamente gli scavi non avendo bisogno di macchinari particolarmente complessi.

Certamente esso troverà possibile impiego sia per lo scavo della galleria di linea che per la realizzazione dei rami di collegamento tra le canne, con velocità di avanzamento proprie, e sarà necessario applicarlo nelle tratte dove non risulta possibile prevedere l'impiego di una qualunque tipologia di scavo meccanizzato.

4.1.2 Scavo con metodo meccanizzato (TBM)

Il metodo consente la massima industrializzazione del processo di scavo, eseguendo le lavorazioni di scavo e sostegno della roccia pressoché in continuo.

Le caratteristiche principali di questo tipo di metodo sono quindi:

- scavo pressoché in continuo con possibilità di elevate produzioni;
- posa dei sostegni dal fronte di scavo a distanza minima fissa ed in genere pari a qualche metro;
- difficoltà ad eseguire sovrascavi elevati per accogliere grandi deformazioni;
- Esecuzione di trattamenti dell'ammasso roccioso in avanzamento con maggiore difficoltà rispetto al metodo convenzionale;
- impossibilità di parzializzazione degli scavi;
- non adattabilità della sezione di scavo.

Inoltre, nel caso di una fresa a fronte confinato o scudata:

- messa in sicurezza delle maestranze impiegate sul cantiere

- possibilità di applicare pressioni di confinamento al fronte e scavare sotto battenti idrici anche importanti.

La metodologia di scavo meccanizzato è proposta in generale per ridurre i tempi di costruzione e rendere più affidabili, in certa misura, le stime dei tempi e dei costi delle opere in progetto.

Le TBM potenzialmente utilizzabili per lo scavo del Tunnel di Base sono le seguenti:

- TBM aperte (tunneliers à appui radial – Gripper TBMs);
- TBM monoscudo (boucliers mécanisés à appui longitudinal - Single shield TBMs);
- TBM a doppio scudo (boucliers mécanisés à appui mixte - Double shield TBMs);
- Scudi chiusi combinati: contropressione di terra o di fango – assenza di contropressione (Boucliers fermés mixtes : confinement de terre ou de boue – absence de confinement / Combined shield: slurry or EPB – single shield TBM).

Per le caratteristiche specifiche di tali macchine, si rimanda alla relazione PRV_C3A_0880_33-02-02.

4.2 Metodologie scelte per il Tunnel di Base

Lo scavo con metodo D&B in riferimento alle dimensioni delle gallerie di linea è, di principio, applicabile ovunque se si considerano puramente i fattori di natura geologica/geomeccanica e di logistica di cantiere, salvo nel caso di scavo in terreni alluvionali sotto falda con scarsa coesione dove è preferibile, anzi quasi indispensabile uno scavo con schiudo chiuso (tipo slurry o EPB).

Salvo questa situazione, la scelta del metodo convenzionale è quindi conseguenza dell'inapplicabilità e/o non convenienza nell'utilizzo della TBM. Lo scavo con TBM è fortemente influenzato dal comportamento geotecnico della galleria nelle diverse condizioni al contorno (problematiche geologico-geomeccaniche, ecc. ...) e da aspetti logistico/economici (es. lunghezza della tratta scavata).

Conseguentemente, la scelta dei metodi di scavo da applicare dipende dalla verifica di applicabilità di un metodo meccanizzato.

L'inquadramento geologico-geomeccanico della tratta lato Italia, le problematiche associate allo scavo e l'analisi del comportamento degli ammassi sono illustrati nel documento PRV_C3A_3949_26-19-00.

Lungo la tratta in oggetto, lo scavo nei terreni alluvionali sotto la Val Cenischia e la necessità di non abbassare la falda (per via, tra l'altro, della presenza dell'abitato di Venaus) ha fatto propendere per lo scavo con una TBM a contropressione di fango, data la natura dei terreni e le elevate pressioni idrostatiche. Siccome questa zona ha una lunghezza di 1.2 km circa, è stato necessario estendere l'applicazione di questa fresa TBM per una tratta più lunga, comprendente gli ammassi rocciosi che si incontreranno sia prima che dopo la Val Cenischia. Si è quindi optato per una fresa combinata (mista scudata/mixshield). Nel documento PRV_C3A_0896_33-02-02 si sono definite le caratteristiche tecniche della fresa tali da poter affrontare in maniera soddisfacente le rocce verdi, la zona piemontese, la Val Cenischia, la zona a scaglie, gli gneiss d'Ambin, i micascisti di Clarea e le altre litologie minori.

Una delle due frese miste scudate che scaverà il TdB partirà a 160 m dall'imbocco di Maddalena 2 (situato nell'area di cantiere di La Maddalena) e scaverà la galleria Maddalena 2 prima di inserirsi sulla canna del Binario Pari del TdB all'incirca alla pk 53+500. L'altra fresa, operante sulla canna del Binario Dispari, partirà in prossimità di quest'innesto. Un ramo di

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

connessione in fase cantiere faciliterà l'accesso alla caverna di montaggio sul BD. Entrambe le frese scaveranno fino all'imbocco Est a Susa (pk 61+076.5).

Per la tratta dalla fine dell'area di sicurezza di Modane fino all'area di sicurezza di Clarea, il tracciato interessa litologie di vario tipo (principalmente gessi, quarziti, dolomie) fino ad arrivare al massiccio d'Ambin (micascisti di Clarea). Si tratta di ammassi rocciosi tendenzialmente di buona qualità (RMR II e III), contenenti al loro interno delle zone fratturate e faglie, con caratteristiche geomeccaniche che possono essere da mediocri a scadenti. Le condizioni di elevate coperture lungo la tratta (fino a 2200 m) fanno prevedere convergenze importanti nelle zone fratturate e di faglia e possibili fenomeni di decompressione violenta che sono più facilmente gestibili con una TBM aperta rispetto ad una macchina scudata. Una TBM aperta può essere preferibile inoltre per adattarsi alla variabilità dei litotipi presente nel primo tratto di scavo a partire da Modane (fino alla pk 41+117). Lo scavo da Modane fino in prossimità dell'area di sicurezza di Clarea sarà eseguito quindi con TBM aperta.

Nella tratta compresa tra l'area di sicurezza di Clarea ed il piede della galleria Maddalena 2, la breve distanza (circa 1 km) porta a scartare lo scavo meccanizzato a vantaggio dello scavo in D&B.

Infine, nei primi 350-400 m circa a partire dall'imbocco di Susa, il Tunnel di Base verrà scavato nella formazione delle cosiddette "rocce verdi" (metabasiti), con presenza di minerali potenzialmente asbestiformi. Lo scavo della sezione corrente sarà realizzato con la fresa mista scudata descritta in precedenza, ma con velocità di avanzamento ridotte e procedure particolari relative alla gestione dello smarino e alla sicurezza dei lavoratori. L'alesaggio dei cameroni all'imbocco sarà realizzato con Martello Demolitore Idraulico (MDI). Per maggiori dettagli sulle procedure da adottare per lo scavo di questa tratta e sullo stoccaggio dello smarino di rocce verdi, si veda la relazione PRV_C3A_7610_33-02-02 e gli elaborati grafici ad essa connessi.

I metodi di scavo vengono riassunti nella tabella seguente.

PK canna BP	PK canna BD*	Metodo di scavo / sezione	Senso dello scavo
61+076.5- 61+021.5	61+076.5- 60+934.5	Sezioni allargate in corrispondenza degli imbocchi (scavo con fresa mista scudata poi alesaggio con martello demolitore) - procedura speciale per scavo rocce verdi	↑
61+021.5- 60+695	60+934.5- 60+695	Scavo con fresa mista scudata – modalità aperta – procedura speciale per scavo rocce verdi	↑
60+695- 57+400	60+695- 57+400	Scavo con fresa mista scudata – modalità aperta	↑
57+400- 55+950	57+400- 55+950	Scavo con fresa mista scudata – modalità chiusa o confinata	↑

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

55+950-53+514.8	55+950-53+690	Scavo con fresa mista scudata – modalità aperta	
53+514.8-53+417	53+690-53+650	Caverna per montaggio e lancio fresa mista scudata per BD/	
		Innesto tra Maddalena 2 e TdB per BP	
53+417-52+598	53+650-52+598	Scavo in D&B – sezione corrente	
52+598-51+759.5	52+598-51+759.5	Galleria in linea area di sicurezza di Clarea	
51+759.5-51+680	51+759.5-51+680	Scavo in D&B – sezione corrente	
51+680-51+640	51+680-51+640	Caverna per smontaggio TBM aperta	
51+640-33+550	51+640-33+325	Scavo con TBM aperta (grippers)	

* Pk comunque riferite al BP

Tabella 1: Sintesi per le metodologie di scavo sulla tratta lato Italia

Lo scavo dei rami sarà realizzato con metodi convenzionali (D&B, martellone o fresa puntuale a seconda della geologia). Per maggiori dettagli in merito alla scelta del metodo di scavo lungo la tratta, si veda la relazione PRV_C3A_0880_33-02-02.

5. I cantieri ed i fronti d'attacco

Dopo la definizione dei possibili metodi di scavo e della metodologia prevista, necessaria sia per la progettazione geotecnica che per il planning di costruzione dell'opera, si procede ad una breve descrizione dei cantieri e dei fronti di attacco per la realizzazione dell'opera.

Per la sezione corrente lato Italia i fronti di attacco sono localizzati al piede della galleria Maddalena 2 (per la fresa scudata), alle due estremità dell'area di sicurezza di Clarea (per le tratte in tradizionale) ed all'estremità Est dell'area di sicurezza di Modane (per la TBM aperta); le due canne saranno scavate parallelamente con uno sfalsamento tra una canna e l'altra di entità variabile a seconda delle tratte.

Per lo scavo della fresa scudata, il cantiere di competenza è il cantiere della Maddalena.

Il cantiere della Maddalena ha una superficie utile di circa 55000 m². Presenta le installazioni seguenti: impianto acqua industriale, impianto aria industriale, trattamenti fanghi TBM, centrale di betonaggio, uffici e spogliatoi. A Colombera sono presenti dei parcheggi, mentre a Salbertrand vengono ubicati l'impianto di frantumazione e valorizzazione per la produzione degli aggregati, l'impianto di prefabbricazione dei conci e l'area di carico per l'evacuazione del marino mediante treno.

Lo smarino sarà trasferito via camion da Maddalena al cantiere industriale di Salbertrand dove subirà il processo di valorizzazione.

Per maggiori dettagli si veda la relazione PRV_C3A_6010_33-02-02.

Per lo scavo in D&B, il cantiere di competenza è il cantiere sotterraneo ubicato nell'area di sicurezza di Clarea, a sua volta dipendente dal cantiere in superficie di Maddalena.

Per lo scavo a partire dall'area di sicurezza di Modane, il cantiere di competenza è il cantiere sotterraneo ubicato nell'area stessa e dipendente dal cantiere in superficie all'imbocco della discenderia di Villarodin-Bourget/Modane. Si veda la relazione analoga lato Francia PRF_C3A_6000_33-01-01.

6. Caratteristiche della sezione corrente della galleria

6.1 Requisiti e forma della sezione

Requisiti funzionali

Il profilo interno della galleria è stato sviluppato in base ai requisiti definiti dagli studi funzionali di impianti del gruppo per fornire spazio sufficiente per la sagoma limite, gli impianti elettromeccanici, i requisiti ferroviari e geometrici, ovvero:

- In volta, per le catenarie e per il feeder;
- Nei piedritti, per i tubi di raffreddamento e le attrezzature di telecomunicazione;
- Nei marciapiedi, per i cavi ad alta e media tensione, i cavi di segnalamento e telecomunicazioni e la condotta antincendio;
- Nell'arco rovescio, per il drenaggio delle acque freatiche, delle acque potabili e calde (in certi tratti) e delle acque di piattaforma (liquidi pericolosi);
- Sagome limite (sagoma dell'Autostrada Ferroviaria, sagoma degli ostacoli bassi); si veda a questo proposito la consegna 43 (PRF_C30_0014_50-02-00);
- Aspetti aerodinamici che impongono spazi supplementari.

A partire dalla pk 56+385 circa fino all'imbocco Est di Susa nello spazio interno della galleria viene inoltre alloggiato il cavidotto per la linea primaria 132 kV Venaus-Susa. Tale tema viene descritto nella relazione PRV_C3A_7671_26-19-49.

Requisiti geometrici

La sezione del tunnel dovrà adattarsi a curve con raggio minimo di 3100 m (raggio minimo lungo l'intero tracciato del TdB) e ad una sopraelevazione massima di 90 mm.

Dimensioni e forma

Le sezioni della galleria sono stati sviluppate sia per lo scavo in tradizionale sia per lo scavo mediante TBM (TBM aperta e TBM scudata).

In base ai requisiti funzionali e geometrici, nonché alle considerazioni relative alle tolleranze necessarie, il raggio interno della galleria è stato definito pari a 4.2 m per scavo convenzionale o con TBM aperta e a 4.35 m per scavo con TBM scudata. Questi valori includono una tolleranza di 15 cm, secondo le spiegazioni fornite nel § 6.3.2. Questa tolleranza vale anche nelle gallerie in linea con marciapiede all'interno delle aree di sicurezza.

Il centro di rotazione per i tratti in curva è stato scelto come l'intersezione del piano dei binari con il piano verticale posto al centro tra i binari. Per ottimizzare la posizione della sagoma limite all'interno della galleria si è introdotto uno scarto orizzontale tra l'asse della galleria e l'asse del binario pari alla metà della sopraelevazione massima in curva (ovvero 45 mm).

La forma strutturale della galleria è stata sviluppata tenendo conto di quanto segue:

- Metodo di costruzione
- Dimensioni interne richieste
- Aspetti operativi durante la costruzione e la successiva fase di esercizio
- Valutazione delle condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche.

Come si può vedere in figure 2, 3 e 4 per la sezione corrente, la piattaforma è composta dal binario ferroviario, dai marciapiedi e da vari collettori.

Al di sotto dei binari di linea si hanno i collettori seguenti (si vedano le relazioni PRV_C3A_3956_26-19-40 e PRV_C3A_3952_26-19-40 per maggiori dettagli):

- Collettori per acque calde e potabili di diametro da 250 mm fino 400 mm;
- Collettori per acque di falda di diametro da 400 mm fino a 630 mm;
- Collettori per materie pericolose di diametro 500 mm (e fino a 710 mm nell'area di sicurezza di Clarea).

Una canaletta trasversale ed una longitudinale collegata ai collettori per materie pericolose raccolgono le acque di piattaforma.

Il marciapiede più largo si trova sul lato interno (verso il setto), mentre quello di dimensioni minori sul lato esterno. I marciapiedi si trovano adiacenti ai binari per consentire l'evacuazione dei passeggeri dal treno e l'accesso delle squadre di soccorso.

Devono permettere la circolazione delle persone a mobilità ridotta (PMR). Devono avere le seguenti dimensioni:

- Larghezza minima di 1.20 m compatibile con la circolazione di una sedia a rotelle;
- Spazio libero minimo al di sopra del marciapiede di 2.25 m.

Per maggiori dettagli si veda il documento del lotto sicurezza (C1) sulla gestione degli incidenti (PRF_C1_0006_40-01-00) e la consegna 43 (PRF_C30_0014_50-02-00).

Al di sotto dei marciapiedi si trovano i seguenti impianti:

- Condotta antincendio di diametro 200 mm;
- 4 cavidotti di diametro 200 mm per media tensione;
- 4 cavidotti di diametro 200 mm per segnalamento;
- 5 cavidotti di diametro 200 mm per segnalamento e telecomunicazioni;

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

- 12 cavidotti di diametro 110 mm per bassa tensione.

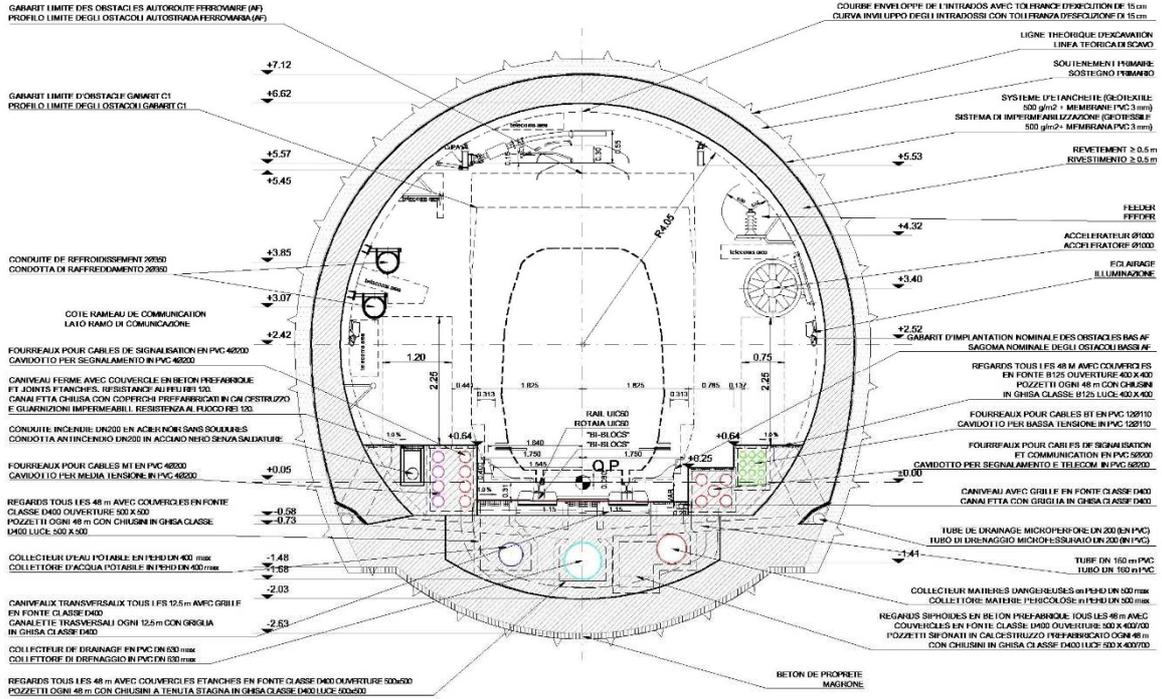


Figura 3: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo in convenzionale

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

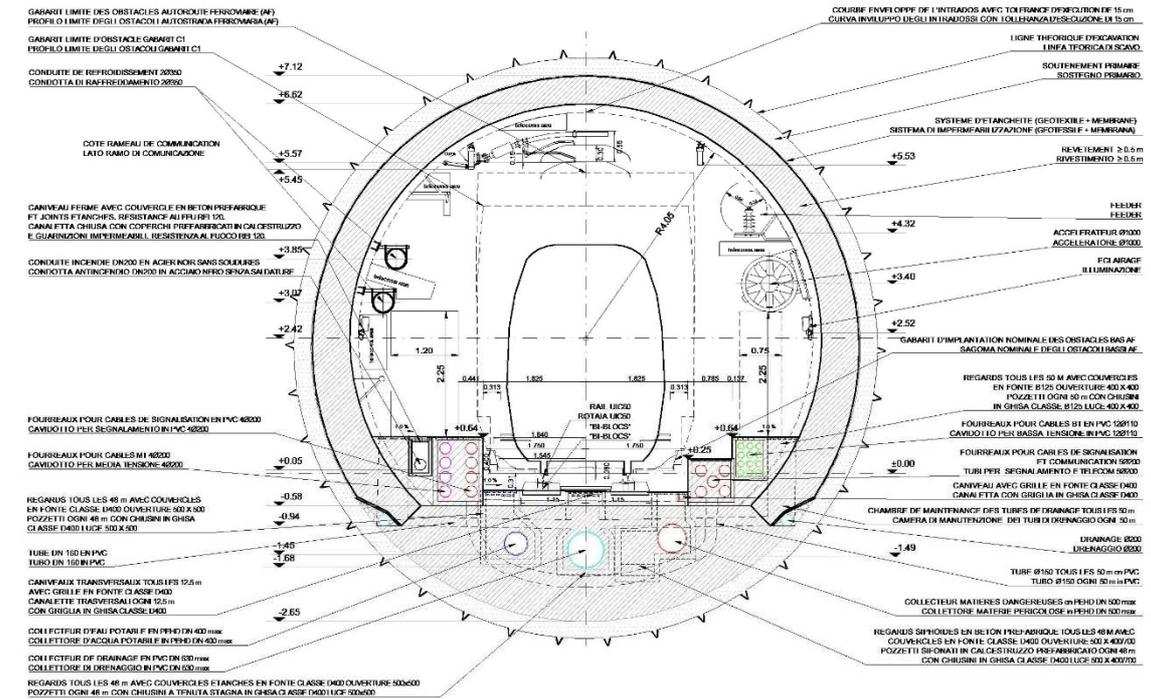


Figura 4: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo con TBM aperta

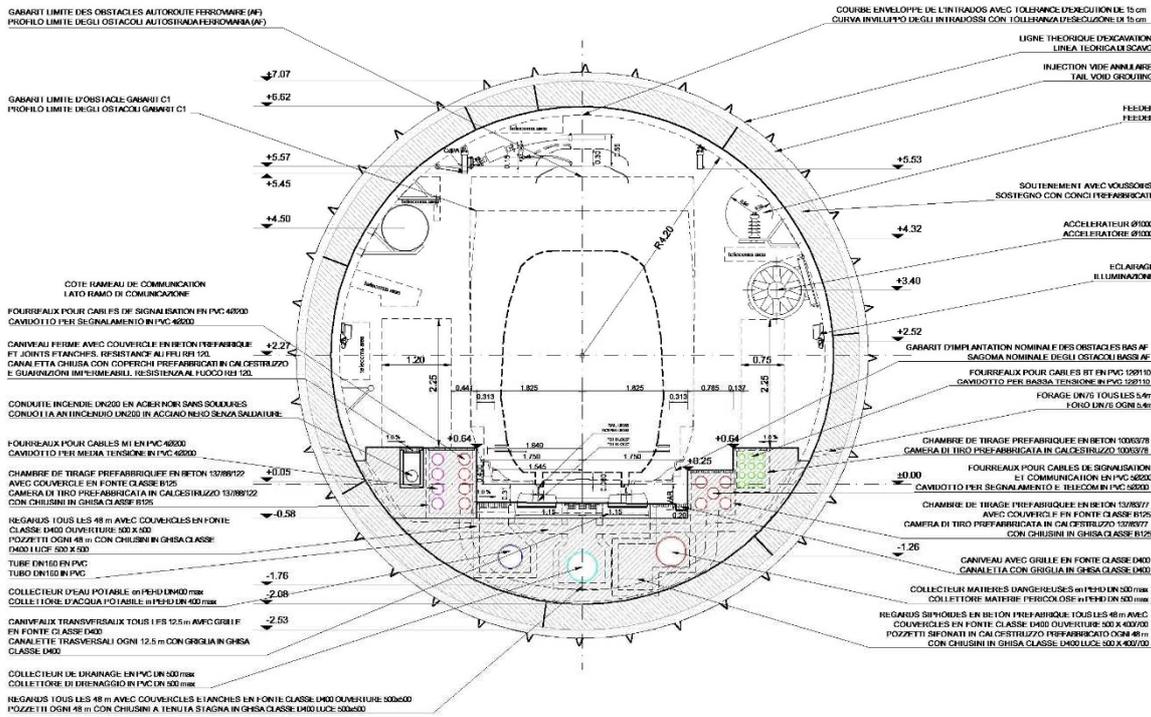


Figura 5: Sezione tipo Tunnel di Base: scavo con TBM scudata

Per maggiori dettagli si vedano gli elaborati PRV_C3A_0311 a 0320_26-01-10 (escluso 0312) e PRV_C3A_7470 a 7473_26-01-10.

6.2 Principi generali della struttura

La struttura della galleria consisterà, nel caso di scavo tradizionale o con TBM aperta, in un sostegno di prima fase e nel rivestimento definitivo. Tra il sostegno di prima fase e il rivestimento definitivo si installerà un sistema d'impermeabilizzazione.

Il caso di scavo con TBM scudata sarà illustrato nel § 6.2.3.

6.2.1 Sostegno di prima fase (per scavo in convenzionale e con TBM aperta)

Si installa il sostegno di prima fase durante lo scavo della galleria per garantire la stabilità a breve e medio termine. Gli elementi di sostegno possono essere elencati come segue (per scavo in tradizionale e con TBM aperta):

- Bulloni in acciaio
- Reti metalliche
- Centine in acciaio (profilati H, TH o UPN)
- Calcestruzzo proiettato (con o senza fibre d'acciaio)

A seconda della situazione geologica-idrogeologica-geomeccanica possono rendersi necessarie misure ausiliarie quali:

- Infilaggi metallici
- Iniezioni ad alta pressione
- Consolidamento del fronte con barre in VTR
- Perforazioni di drenaggio.

In base alle condizioni geomeccaniche attese si è elaborato un catalogo di 12 tipi di sostegno per lo scavo in tradizionale e di 7 tipi di sostegno per lo scavo con TBM aperta. Si è determinata la distribuzione di questi tipi di sostegno lungo il tracciato in base al profilo geologico-geomeccanico, come riportato nei documenti PRV_C3A_3951_26-19-00 e PRV_C3A_3948_26-19-00. Si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00 ed i documenti a loro connessi per la trattazione completa dell'argomento.

6.2.2 Rivestimento definitivo (per scavo in convenzionale e con TBM aperta)

Il rivestimento definitivo è eseguito con cls gettato in opera. In accordo alle linee guida RFI, lo spessore minimo è stato stabilito pari a 50 cm.

A seconda delle condizioni geotecniche e quindi delle sezioni tipo, il rivestimento definitivo può essere composto da calcestruzzo non armato o armato. Si vedano gli elaborati sulle carpenterie (PD2_C3A_3994_26-19-20, PD2_C3A_3995_26-19-20, PD2_C3A_4012_26-19-30, PD2_C3A_4016_26-19-30) per i tassi d'armatura a seconda delle sezioni tipo (armatura presente in calotta e tassi d'armatura maggiori per sezioni tipo più pesanti e condizioni geomeccaniche peggiori). Gli archi rovesci saranno sempre armati e con tasso d'armatura almeno pari a 50 kg/m³.

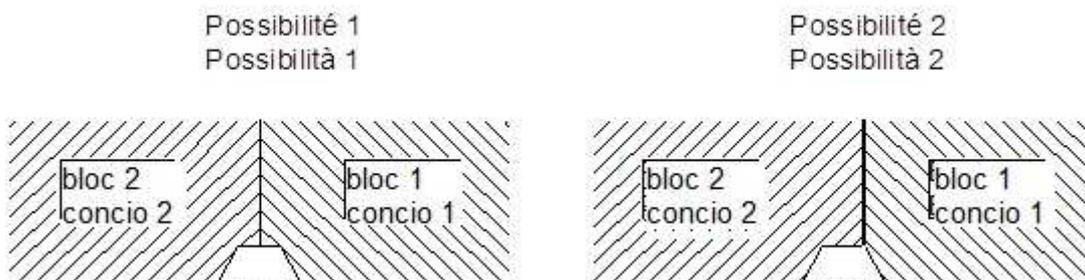
Nel caso di sezioni armate bisogna prevedere un sistema di messa a terra.

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

La messa in opera del rivestimento deve avvenire dopo stabilizzazione delle convergenze, a condizione tuttavia che questo non induca ad un eccessivo ammaloramento delle condizioni dell'ammasso. Negli ammassi rocciosi spingenti, il rivestimento definitivo dovrà essere realizzato comunque a distanza del fronte non superiore a 6 diametri (secondo capitolato RFI).

La lunghezza dei getti non deve essere superiore a 10 m. Le lunghezze dei getti dovranno essere regolate per le nicchie e le intersezioni con i rami.

L'armatura non è passante tra i giunti di getto. Il calcestruzzo sarà gettato direttamente contro il blocco precedente. Per quanto riguarda le possibili disposizioni, vedasi lo schema successivo:



Si potranno inoltre dei giunti di movimento tra le gallerie ed i rami, tra le gallerie e le sezioni speciali e tra i raccordi delle gallerie e le aree di sicurezza. I giunti di movimento saranno riempiti di materiale ignifugo.

6.2.3 Rivestimento in conci (scavo con TBM scudata)

Il rivestimento nel tratto scavato con TBM scudata è in conci, costituito da 7 conci e da una chiave di volta. Esso viene messo in opera all'interno dello scudo ed assume la funzione sia di sostegno di prima fase che di rivestimento definitivo della galleria. I conci sono stati dimensionati sulla base delle informazioni geologiche/geomeccaniche e di considerazioni di natura pratica relative al trasporto e alla messa in opera. Si sono previsti conci universali ed anelli rastremati con lunghezze dell'anello di 1.8 m. I conci hanno spessore 40 o 45 cm a seconda delle tratte.

L'impermeabilizzazione è composta da giunti elastomerici. I sistemi di guarnizione devono lavorare alle pressioni di progetto di almeno 10 bar garantendo la loro prestazione a 120 anni.

Nei tratti drenati il vuoto anulare sarà riempito con malta cementizia solo nell'arco rovescio (per uno sviluppo di 120°) ed in calotta (per uno sviluppo di 60°) mentre il resto della sezione con pea-gravel; si realizzeranno nei piedritti nei fori di drenaggio, direttamente raccordati al collettore di drenaggio delle acque di infiltrazione.

La scelta di riempire il vuoto anulare in parte con malta cementizia ed in parte con pea gravel deriva dalle ragioni seguenti:

- L'iniezione della malta in arco rovescio garantisce l'appoggio immediato dell'anello alla fine dello scudo, per evitare di avere carichi importanti dovuti alla posizione a sbalzo e ad un cattivo posizionamento dell'anello nello spazio forato (rischio di deriva

di posizionamento del rivestimento). Questa iniezione si effettua in continuo attraverso lo scudo tramite appositi dispositivi. Si ottiene in questo modo un contatto ottimale tra anello e ammasso roccioso.

- L'iniezione di malta in calotta serve a compensare il vuoto che si produce progressivamente in chiave di volta per via del cedimento sotto l'effetto del peso proprio e dei carichi legati al terreno degli altri elementi (malta in parte inferiore, pea gravel ai lati). Va realizzata dopo l'iniezione della malta in arco rovescio (realizzata subito dietro lo scudo, come già detto) e l'iniezione del pea gravel nei piedritti (che avviene dopo che la malta in arco rovescio ha fatto presa, ovvero, a seconda dell'avanzamento della TBM, a circa 6-8 m dietro la fine dello scudo). Si inietta subito una malta molto spessa e viscosa nelle zone di estremità, per evitare che la malta vada a riempire le zone con pea gravel (la zona in cui la malta può penetrare nel pea gravel può avere un'ampiezza di massimo 50 cm), poi una malta più liquida in chiave di volta, che non raggiunge il pea gravel dato che è confinata dalla malta più spessa ai lati.

In questo modo si garantisce che la pressione dell'ammasso sul rivestimento sia il più possibile uniforme (nel caso di comportamento isotropo del terreno o dell'ammasso roccioso), consentendo allo stesso momento il drenaggio grazie al pea gravel che costituisce uno strato drenante.

In fase esecutiva bisognerà regolare in modo corretto pressione e viscosità della malta in calotta in modo da non intasare i piedritti riempiti da pea gravel, mantenendone la loro funzione drenante e facendo quindi in modo che sul rivestimento non gravi il carico dovuto alla falda. Si svolgeranno delle verifiche ad intervalli regolari (per es. tramite carotaggi) per accertarsi che il pea gravel non sia riempito di malta.

Nei tratti non drenati il vuoto anulare sarà riempito interamente con malta cementizia.

Si prevede la realizzazione di collegamenti equipotenziali trasversali dei segmenti di conci ed una messa in equipotenziale longitudinale sistematica dei conci situati sotto il livello dei binari.

Per maggiori dettagli si vedano le relazioni PRV_C3A_0896_33-02-02 e PRV_C3A_3950_26-19-00 e gli elaborati ad esse connessi. La ripartizione tra tratte drenate e non drenate è indicata nel profilo geotecnico (documenti PRV_C3A_3948_26-19-00 e PRV_C3A_3951_26-19-00).

6.2.4 Impermeabilizzazione e drenaggio

La previsione delle condizioni idrogeologiche lungo il tracciato e lo scavo che avviene principalmente in contropendenza implica che il controllo dell'ingresso dell'acqua rappresenterà un aspetto importante da tener conto durante lo scavo delle gallerie. In avanzamento, si potrà ridurre l'apporto di acqua mediante l'utilizzo di una macchina a fronte confinato o, nelle zone a fronte aperto o in tradizionale o con TBM aperta, mediante iniezioni. Si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00 per maggiori dettagli sui sistemi e metodi di iniezione.

Nella sistemazione finale, 3 sistemi di drenaggio sono presenti nella sezione corrente della galleria:

- Sistema di drenaggio per acque freatiche di infiltrazione. Tale sistema viene dettagliato nel seguito.
- Sistema di captazione delle acque calde e potabili. Questo sistema è indipendente dal drenaggio longitudinale e permette la separazione delle acque potenzialmente potabili

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

da quelle non potabili. Viene messo in opera puntualmente quando si incontrano venute d'acqua calde o potabili di quantità significative (per es. nelle zone di faglia). La captazione avverrà attraverso dei fori di drenaggio in apposite nicchie contenenti una vasca di decantazione. Il sistema rispetterà i requisiti acquedottistici.

- Sistema di drenaggio dei liquidi pericolosi. Questo sistema drena le acque di piattaforma derivanti dalla manutenzione o da un incidente (sversamento, acque del sistema antincendio nel caso di estinzione di incendi). Tali acque sono poi raccolte in appositi serbatoi previsti ogni 7 rami (circa 2400 m), che, una volta pieni, sono evacuati con troppo-pieno connesso al collettore principale verso il serbatoio di raccolta successivo situato a valle. Questi serbatoi si riempiono dunque "a cascata" in caso di sversamento. Vengono svuotati attraverso un treno-cisterna. Nei collettori, si dispongono dei sifoni ogni 48 m in maniera che il fuoco non si propaghi lungo il tunnel (dato che i liquidi sono potenzialmente infiammabili). I sifoni sono riempiti d'acqua in permanenza.

Il sistema di drenaggio delle acque di falda presenta come discriminante un carico idraulico stimato a quota tunnel pari a 10 bar di pressione.

Quando il carico idraulico è superiore o uguale ai 10 bar di pressione, il tunnel è drenato, mentre in caso contrario il tunnel non è drenato ed il suo rivestimento deve quindi riprendere la pressione idrostatica.

Quando il tunnel è drenato, nel caso di scavo in tradizionale o con TBM aperta, si dispone l'impermeabilizzazione solo in calotta e piedritti e si ha un dreno laterale alla base dei piedritti. Il drenaggio laterale viene poi diretto verso il collettore nell'arco rovescio della galleria tramite tubi trasversali ogni 48 m.

Il sistema d'impermeabilizzazione è composto di due strati. Il primo strato è costituito da un geotessile non tessuto agugliato in lunghe fibre di polipropilene di massa 500 g/m² fissato sulla superficie di calcestruzzo proiettato. Il secondo strato è rappresentato dalla membrana di impermeabilizzazione in PVC di 3 mm attaccata con metodi speciali senza penetrazione (membrana saldata ai dischi che sono stati precedentemente installati nonché al geotessile).

Nel caso di scavo con TBM scudata, tramite lo strato di pea gravel nei piedritti l'acqua viene convogliata verso dei fori di drenaggio nei conci prefabbricati. Una canaletta e dei tubi di raccordo permettono poi di portare l'acqua verso il collettore principale.

Quando il tunnel non è drenato, nel caso di scavo in tradizionale o con TBM aperta, si dispone un'impermeabilizzazione full round su tutto il contorno dello scavo (detta anche "impermeabilizzazione totale") e non sono presenti dreni laterali. Occorre notare che si ha un'impermeabilizzazione totale anche nel caso di acque aggressive, ma in questo caso il tunnel è comunque drenato mediante i dreni laterali.

Nel caso di TBM scudata, l'impermeabilizzazione è garantita dalle guarnizioni tra i conci.

Per maggiori dettagli sul sistema di drenaggio e di impermeabilizzazione, si vedano le relazioni PRV_C3A_3956_26-19-40 e PRV_C3A_3952_26-19-40 ed i documenti a loro connessi.

6.3 Tolleranze di deformazione e di costruzione

6.3.1 Tolleranze di deformazione durante lo scavo

6.3.1.1 Scavo in tradizionale

Nel documento PRV_C3A_3949_26-19-00 si è valutato il comportamento dell'ammasso e si sono definite le sezioni tipo idonee lungo il tracciato. Il comportamento del sistema (che rappresenta l'interazione tra ammasso roccioso e sostegno di prima fase) viene valutato in base alle deformazioni previste e deformazioni limite consentite. In base a questa valutazione le tolleranze di deformazione (deformazioni attese) sono definite per ogni tipo di sostegno (si vedano gli elaborati delle sezioni tipo in tradizionale). Le dimensioni teoriche di scavo del tunnel saranno aumentate delle tolleranze di deformazione per garantire che il profilo scavato sia conforme alla sagoma richiesta definita nel progetto.

In fase di scavo si devono valutare i parametri dell'ammasso sulla base delle osservazioni e dei dati di misura. Sulla base di questa valutazione si determinano il tipo di sostegno applicabile e la tolleranza di deformazione di progetto, tenendo conto inoltre dell'esperienza acquisita durante lo scavo.

6.3.1.2 Scavo mediante TBM aperta

L'entità della deformazione dipende dal comportamento dell'ammasso roccioso, dal tasso di avanzamento previsto della TBM, dalla sincronizzazione delle attrezzature per la messa in opera del sostegno nonché dal periodo di tempo nel quale il sostegno risulta pienamente efficiente.

Il diametro del tunnel è stato determinato in modo da accomodare le deformazioni previste in condizioni della roccia da buona a media (sostegni tipo TS1a, TS1b, TS2, TS3) e fornire spazio sufficiente all'installazione del successivo rivestimento definitivo (spessore min. 0.5 m).

Per i sostegni di tipo TS4a, TS4b, in cui le deformazioni previste non consentono l'installazione del rivestimento con spessore minimo di 0.5 m, si dovrà eseguire sistematicamente un sovrascavo (overcut) (con dispositivi nella testa fresante) di 100 mm sul raggio. Nel caso della sezione tipo TS5 tale sovrascavo è di 150 mm.

Tali sovrascavi saranno da adattare in funzione delle condizioni effettivamente incontrate.

6.3.1.3 Scavo mediante TBM scudata

L'entità delle deformazioni dipende dal comportamento dell'ammasso e dall'interazione tra macchina, ammasso e rivestimento.

Lo spessore del riempimento di malta cementizia o pea gravel varierà in funzione delle condizioni incontrate. L'intercapedine nominale si avrà nel caso di ammassi rocciosi di qualità da buona a media e di coperture non troppo elevate. Nel caso di condizioni più sfavorevoli, si eseguirà un sovrascavo con dispositivi nella testa fresante, che può essere fino a 20 cm (valore massimo). Per le tolleranze nel rivestimento, si veda il paragrafo seguente.

Per maggiori dettagli sulla TBM scudata prevista in progetto, si veda la relazione PRV_C3A_0896_33-02-02.

6.3.2 Tolleranze di costruzione

6.3.2.1 Scavo mediante TBM

La tolleranza di costruzione del rivestimento definitivo è proposta pari a 150 mm. Questo valore tiene conto principalmente della tolleranza di direzione della macchina (100 mm), della tolleranza della posizione del rivestimento (30 mm) e della tolleranza geometrica alle curve.

Questi valori non includono tolleranze di rilevamento. Le tolleranze di rilevamento che tengono conto delle inaccurattezze dei rilievi e dell'impostazione topografica saranno considerate separatamente durante la costruzione da parte dell'appaltatore, in base alle proprie attrezzature e alle procedure di impostazione.

6.3.2.2 Scavo in tradizionale

La tolleranza di costruzione è posta pari a 150 mm come per lo scavo mediante TBM.

7. Caratteristiche delle sezioni speciali

7.1 Sezioni allargate nella zona degli imbocchi a Susa

Per l'alloggiamento dei tronchini di salvamento e dei binari di precedenza della stazione di Susa, in prossimità dell'imbocco a Susa le gallerie in naturale presentano delle sezioni allargate.

In funzione della geometria in fase di esercizio, si sono definite 2 tratte, come illustrato nel documento PRV_C3A_3953_26-19-10 e nella figura seguente, secondo la tabella seguente.

TRATTE	PK INIZIO	PK FINE	LUNGHEZZA [m]
A	61+076.5	61+021.5	55
C	61+021.5	60+934.5	87

Tabella 2: Tratte nella zona degli imbocchi (pk riferite al BP)

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

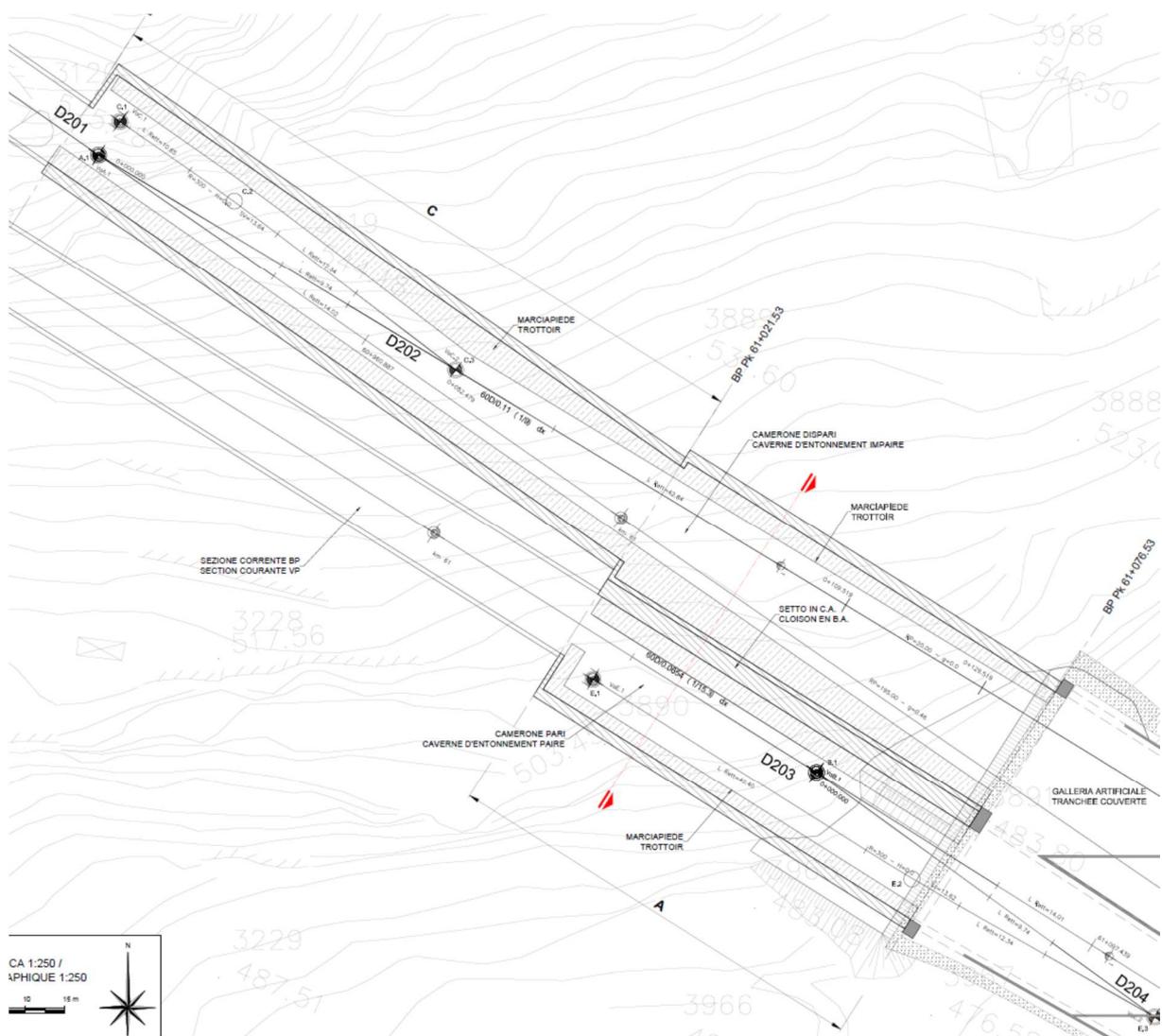


Figura 6: Rappresentazione planimetrica delle tratte

La tratta A è composta da camerone di grande sezione ospitanti i binari pari e dispari, separati da un setto in c.a. Il camerone pari ha una larghezza utile interna di 13.5 m ed un'altezza di 8.64 m, mentre il camerone dispari è più grande e ha una larghezza utile interna di 17.1 m ed un'altezza di 10.23 m.

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

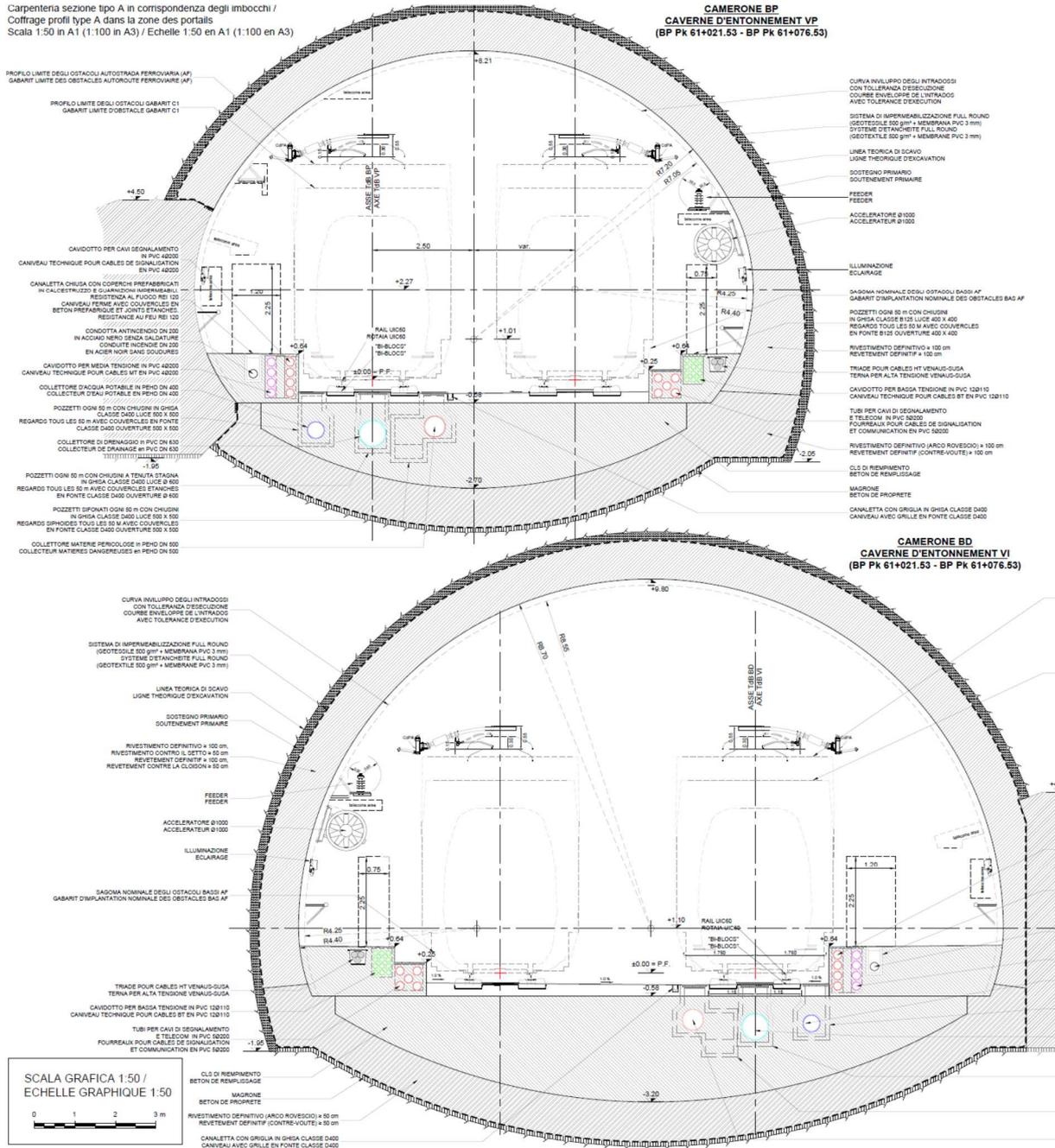


Figura 7: Sezioni tipo dei cameroni pari e dispari della tratta A

La tratta B non esiste più in fase PRV (ottimizzazione della geometria).

La tratta C si trova solo sul binario dispari e presenta un camerone più piccolo rispetto a quello della tratta A. Per semplicità, la forma e dimensione del camerone della tratta C è stata fatta coincidere con il camerone del binario pari della tratta A. Nei primi 5 m circa a partire dalla fine della tratta A, il camerone si allarga leggermente al fine di seguire il piano binari.

Come si può vedere in figura 7, per le tratte con sezione allargata, la piattaforma è composta da due (o tre in una certa zona della tratta C) binari ferroviari aventi interasse variabile in funzione della geometria dei binari. Al di sotto dei binari si trovano i collettori per acque

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

calde e potabili, per acque non potabili e per materie pericolose, aventi le stesse caratteristiche della sezione corrente. Il marciapiede più largo si trova sul lato interno (verso il setto), mentre quello di dimensioni minori sul lato esterno. I marciapiedi si trovano adiacenti ai binari, come nel caso della sezione corrente, per consentire l'evacuazione dei passeggeri dal treno. Data la geometria della sezione ed il posizionamento dei binari, i marciapiedi sono generalmente più larghi rispetto alla sezione corrente e hanno larghezza variabile lungo le tratte. Al di sotto dei marciapiedi si trovano gli stessi impianti che nel caso della sezione corrente.

Per maggiori dettagli rispetto al fasaggio dello scavo, i sostegni ed i rivestimenti messi in opera si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00 ed i documenti ad essa connessi, mentre per la sezione descrittiva con impianti si vedano gli elaborati PRV_C3A_3954 e 3955_26-19-10.

7.2 Caverne per il montaggio e lancio e per lo smontaggio delle TBM

Lungo il tracciato si trovano la caverna per il montaggio e lancio della fresa mista scudata sul BD (sul BP si immette la fresa della galleria Maddalena 2) e quelle per lo smontaggio delle TBM aperte provenienti da Modane. Tali caverne prevedono lo spazio, all'interno della sezione provvista unicamente del sostegno, per una gru a portale attorno alla TBM, come si può vedere nella figura seguente. La sezione di scavo è equivalente a quella delle caverne tecniche delle aree di sicurezza.

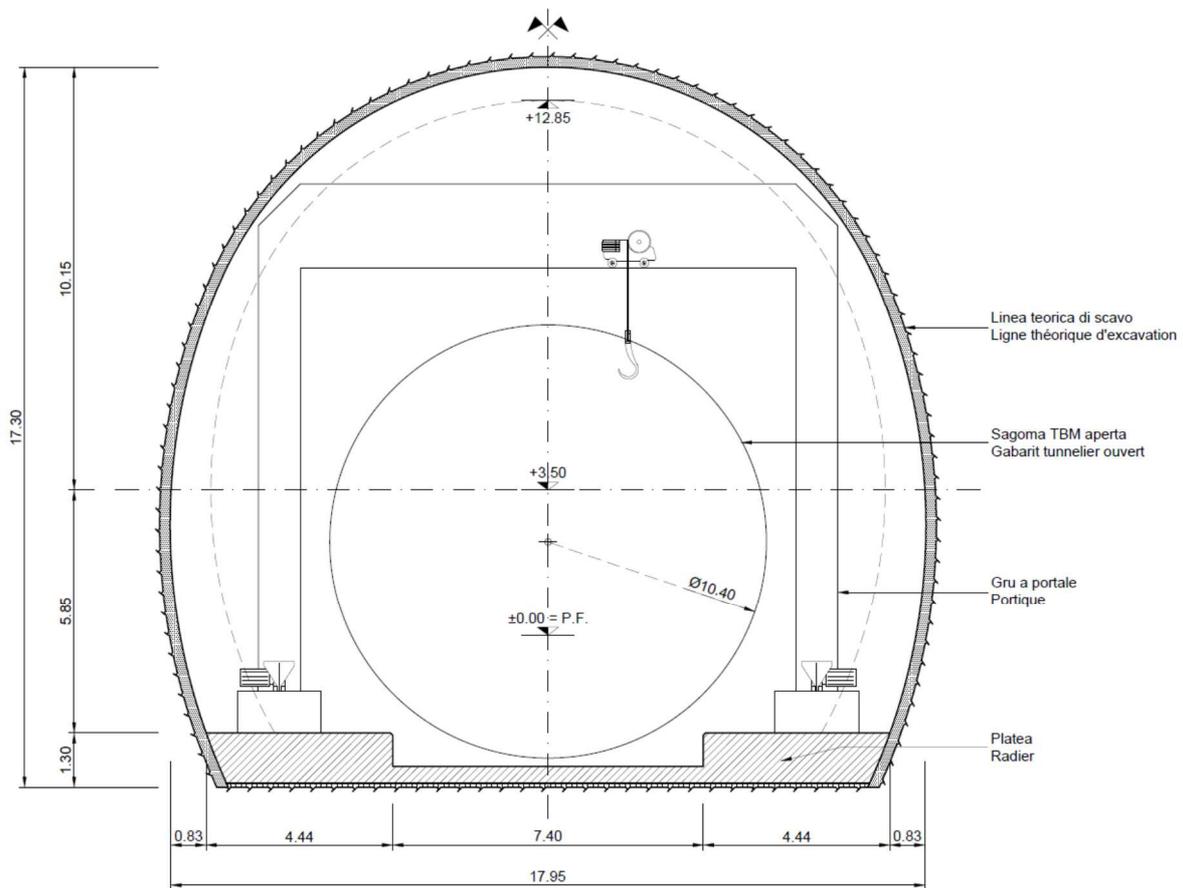


Figura 8: gru a portale nelle caverne di montaggio/smontaggio (con riferimento alla TBM aperta, che presenta un diametro più grande)

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

Considerando il rivestimento definitivo, le caverne hanno internamente un'altezza di 13.67 m, una larghezza di 16.06 m ed una lunghezza di 40 m. Per le sezioni tipo di scavo e sostegno (2 sezioni tipo sono previste) si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00.

Sulla base dei metodi di scavo e del planning (§ 8.1.3), i cameroni si troveranno alle pk 53+690-53+650 (montaggio della fresa mista scudata sul BD) e 51+680-51+640 (smontaggio delle TBM aperte in provenienza da Modane).

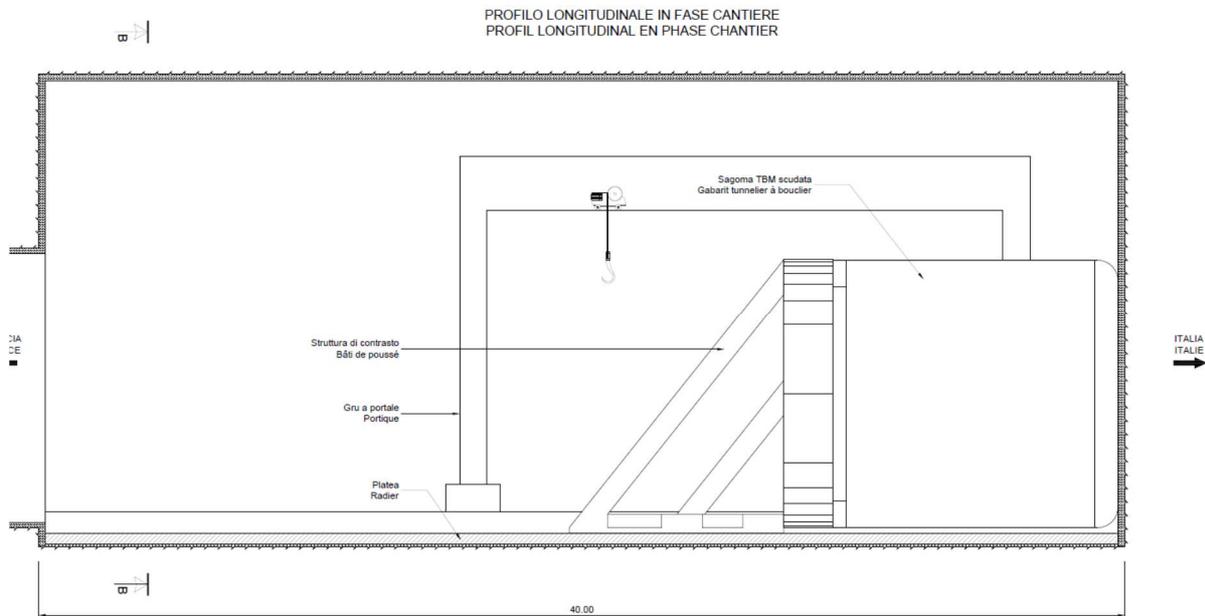


Figura 9: sezione longitudinale della caverna di montaggio e lancio per la fresa mista scudata

Dopo le operazioni di montaggio/smontaggio, le caverne saranno poi rivestite e successivamente attrezzate per il passaggio dei treni (realizzazione della platea e dei marciapiedi).

7.3 Rami e locali tecnici

Lungo la sezione corrente del Tunnel di Base sono previsti dei rami di collegamento trasversale tra le due canne ogni 333 m (valore massimo). In base alla loro forma e destinazione d'uso, i rami sono ripartiti come segue:

- rami di tipo R0: assenza di locali tecnici.
- rami di tipo R0-2: locali tecnici per gli autotrasformatori posti in linea con il ramo, esternamente rispetto alle due canne.
- rami di tipo R1: locali tecnici posti in camera centrale tra le due canne, parallelamente al Tunnel di Base.
- rami di tipo R1-2: locali tecnici contenenti gli autotrasformatori posti all'esterno del ramo e locali tecnici in camera centrale tra le due canne.

In corrispondenza di alcuni rami di tipo R0 o R1 sono previsti su ambo i lati serbatoi per l'accumulo dei liquidi pericolosi. I serbatoi avranno capacità di 120 m³ ciascuno. Alcuni tra questi saranno equipaggiati con pompe di raffreddamento.

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

Infine il progetto comprende delle nicchie per gli apparecchi di interruzione e delle nicchie per buca giunti per il cavo AT, disposte sul lato esterno.

Per maggiori dettagli sui rami ed i locali tecnici si veda la relazione PD2_C3A_1200_26-90-10 (anche per quanto riguarda la sicurezza – resistenza al fuoco delle porte e delle pareti, ventilazione, ecc..) e la relazione PRV_C3A_7671_26-19-49 per quanto riguarda le nicchie per buca giunti del cavidotto AT Susa-Venaus.

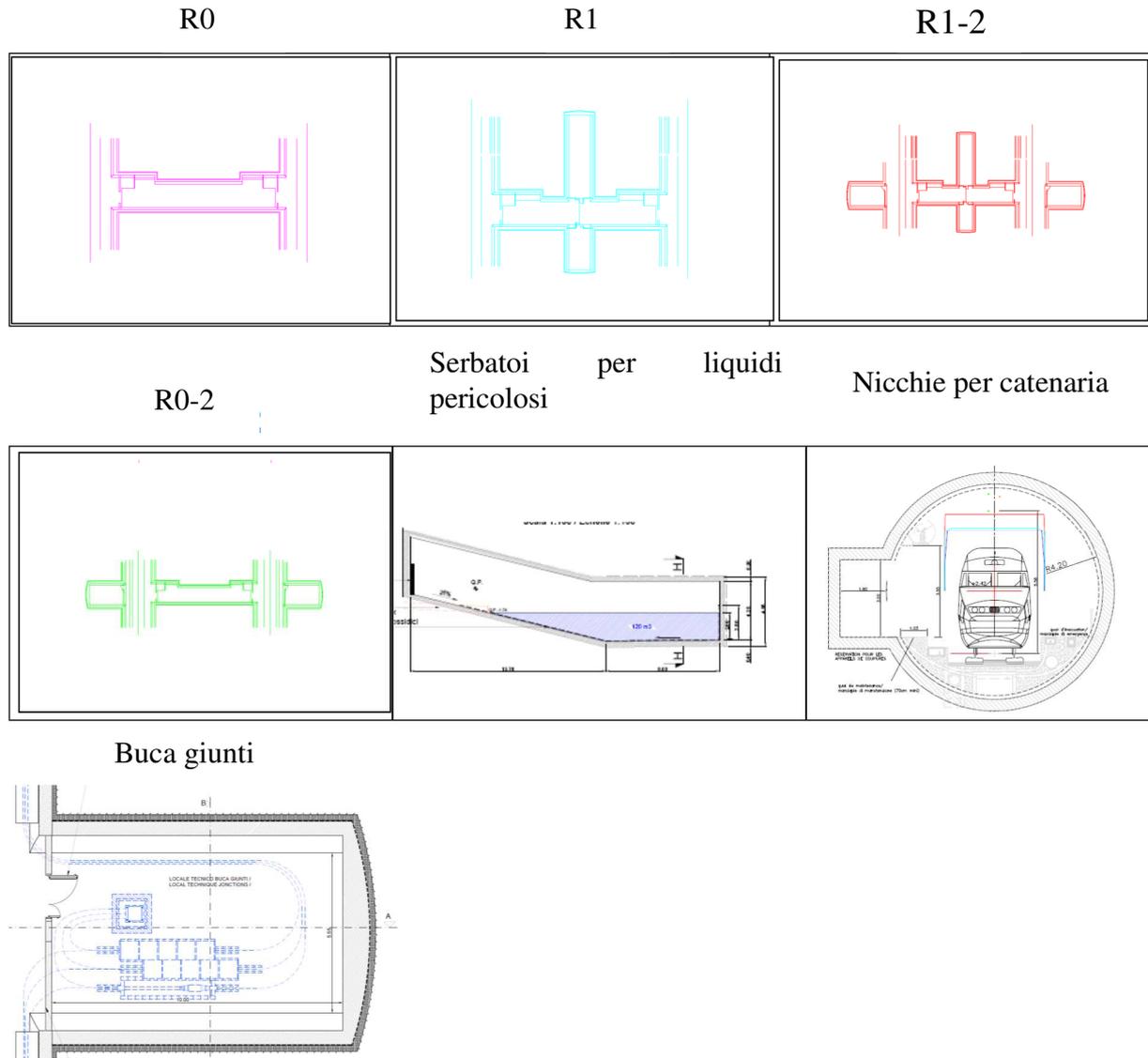


Figura 10: schemi dei rami e locali tecnici

8. Caratteristiche dei materiali

Questo capitolo fornisce solo una visione d'insieme sui principali materiali utilizzati. Le caratteristiche dei materiali sono illustrate nelle relazioni PRV_C3A_3949 e 3950_26-19-00 nonché in tutti gli elaborati grafici sotto forma di tabella. Le caratteristiche sono conformi al capitolato RFI e, per le tratte scavate dalla Francia, anche alla norma IN 3278.

8.1 Sostegni

- Bullonature: si sono usati dei bulloni ad espansione di tipo Swellex (o equivalenti), autoperforanti di tipo IBO (o equivalenti) o dei tiranti di ancoraggio iniettati con malta. Le caratteristiche di resistenza variano a seconda del tipo utilizzato (ad es. per i bulloni di tipo Swellex).
- Centine: si sono usate delle centine con profilati ad H (HEA o HEB), di tipo TH o di tipo UPN. Le centine sono in acciaio di tipo Fe360.
- Calcestruzzo proiettato: per le parti scavate dall'Italia (scavo tradizionale, compresi i cameroni) la classe di cls è C25/30. Per la parte scavata dalla Francia (TBM aperta in provenienza da Modane), sulla base della norma IN 3278, che prescrive un cls proiettato almeno di classe C28/34, si è proposta una classe di calcestruzzo C30/37 al fine di allinearsi con le classi previste in Eurocodice 2. Il calcestruzzo sarà conforme alle condizioni di sviluppo della resistenza per essere efficace poco dopo l'applicazione. Il calcestruzzo sarà rinforzato con fibre (35 kg/m³) o con rete metallica elettrosaldata.
- Per i preconsolidamenti, infilaggi, barre in VTR, si veda la relazione PRV_C3A_3949_26-19-00.

8.2 Rivestimento definitivo e finiture

La classe di resistenza del calcestruzzo per il rivestimento definitivo (nel caso di scavo in convenzionale o con TBM aperta) è C30/37. Nel caso di rivestimento in conci prefabbricati si sono invece utilizzate le classi C40/50 e C45/55. Il cls per i riempimenti e le finiture (es. marciapiedi) è di classe C20/25.

Per la fabbricazione del calcestruzzo si devono usare dei cementi CEM da III a V. La classe di lavorabilità dev'essere da S2 a S4 ed il rapporto acqua/cemento max di 0.5.

Per le classi di esposizione, copriferro minimo, ecc. si veda il § 9.1.

8.3 Sistema di drenaggio

Per il sistema di drenaggio, si sono previsti i seguenti materiali:

- Tubi in PVC per il drenaggio laterale, i tubi trasversali ed il collettore principale delle acque freatiche
- Tubi in PEHD per il drenaggio dei liquidi pericolosi
- Tubi in PEHD per le acque calde potenzialmente potabili.

9. Requisiti di durabilità (classi di esposizione, resistenza al fuoco e messa a terra)

9.1 Durabilità

La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, è garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le misure di protezione. L'obiettivo è di avere delle spese di manutenzione e di interventi successivi il più possibile ridotti.

La vita nominale V_n del tunnel è definita pari a 120 anni.

Il concetto di durabilità concerne in modo particolare il rivestimento definitivo della galleria in calcestruzzo armato: in particolare occorre proteggere le armature dalla corrosione ed il calcestruzzo dagli attacchi.

Per questa ragione è prevista un'impermeabilizzazione (descritta nel § 6.2.4) al fine di proteggere e mantenere asciutta questa struttura almeno in calotta e piedritto (se non interamente nel caso di full round), nel caso di scavo in tradizionale o con TBM aperta. Nel caso dei conci prefabbricati il cls rimane esposto agli attacchi nell'estradosso.

Occorre inoltre definire le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (classi di esposizione) in funzione delle condizioni ambientali lungo il tracciato (in particolare, in funzione dell'ubicazione e geologia/idrogeologia). Le normative di riferimento in merito sono la norma UNI EN 206-1, il capitolato RFI e l'Eurocodice 2 e le Norme Tecniche per le Costruzioni – circolare 2009.

In funzione della classe di esposizione dipendono i requisiti minimi del cls in termini di resistenza e di rapporto a/c , lo spessore minimo di copriferro ed il valore di ampiezza limite di progetto delle fessure (da utilizzare nei calcoli).

Le classi di esposizione minime in funzione delle azioni dell'ambiente previste lungo il tracciato a seconda della progressiva ed anche dei metodi di costruzione ed il relativo valore minimo di copriferro (sulla base del capitolato RFI e delle Norme Tecniche per le Costruzioni – circolare 2009, prendendo la più restrittiva tra le due) sono state riassunte nella tabella seguente.

PK BP	Classe di esposizione minima	Copriferro minimo
61+076.5-60+600	XF1, XC1 o XC2	3 cm
60+600-57+400	XC2	3 cm
57+400-56+000	X0	3 cm (valore teorico, in quanto è preferibile adottare lo stesso copriferro che nella tratta successiva dato che i conci sono dello stesso tipo)
56+000-55+000	XA2, XC2, XD2	4 cm
55+000-53+515/53+690	XC1	3 cm (valore teorico, in quanto è preferibile adottare lo stesso copriferro che nella

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

		tratta precedente dato che i conci sono dello stesso tipo)
48+677- 53+515/53+690	XC1	3 cm

Tabella 3: Classi di esposizione e copriferri minimi lungo il tracciato

Si è verificato che le classi di cls impiegate per il rivestimento definitivo (C30/37 per tradizionale e TBM aperta, C40/50 e C45/55 per TBM scudata) sono compatibili con le classi di esposizione minime indicate, così come il rapporto a/c stabilito pari a 0.5. Tuttavia bisogna considerare che, nel caso in cui le classi di esposizione dovessero cambiare rispetto alla previsione, basata sullo stato attuale delle conoscenze, ed essere più sfavorevoli, occorrerebbe aumentare di conseguenza la classe di resistenza del calcestruzzo.

I valori di copriferro assunti nei calcoli sono superiori ai valori indicati in tabella.

Si ricorda infine che, al fine di garantire la durabilità, in fase esecutiva il cls deve essere compatto (ovvero con bassa porosità), correttamente formulato e confezionato e gettato in opera attenendosi alle regole di buona pratica (lavorabilità, maturazione, ecc.). Questi aspetti hanno influito la scelta delle specifiche del c.a. per rivestimento definitivo come illustrato in questa relazione e nelle relazioni PRV_C3A_3949 e 3950_26-19-00 (nonché nelle tabelle materiali degli elaborati grafici). Occorrerà predisporre una procedura di controllo qualità in fase di costruzione. Fondamentale risulta inoltre un controllo periodico della struttura in fase di esercizio.

Nel caso di presenza di acque aggressive superiori ad una certa soglia come indicato nella relazione PRV_C3A_3956_26-19-40 e di scavo in tradizionale o con TBM aperta, l'impermeabilizzazione sarà totale (full-round).

Infine, il rivestimento è previsto resistere al fuoco ed alle correnti vaganti come presentato nei paragrafi seguenti.

9.2 Resistenza al fuoco

Sulla base del quadro normativo vigente, le strutture in galleria devono rispettare le seguenti esigenze:

- della normativa francese ITI 98-300, ovvero assicurare una resistenza al fuoco di 4 ore con la curva di temperatura ai sensi della norma ISO 834 e di 2 ore con la curva di temperatura HC;
- della norma italiana UNI 11076, ovvero assicurare una resistenza al fuoco di 2 ore secondo la curva RWS.

Si sono quindi effettuate tali verifiche per il rivestimento definitivo della galleria, che sono illustrate nelle relazioni PRV_C3A_3949 e 3950_26-19-00.

9.3 Messa a terra (correnti vaganti)

Per i criteri di messa a terra e di predisposizioni contro le correnti vaganti si veda la relazione "PD2_C3A_1629_05-02-00_10-03 Progetto dei tunnel – Predisposizioni civili per la messa a terra elettrica ai fini della protezione contro i contatti indiretti e le correnti vaganti".

10. Trattamento dei materiali in uscita dal tunnel

Il materiale proveniente dagli scavi in uscita in Italia sarà portato nel cantiere industriale di Salbertrand e smistato sia verso la revalorizzazione sia verso la destinazione definitiva di deposito. Durante lo scavo in modalità slurry (confinamento a pressione di fango) occorre prevedere il dissabbiamento dei fluidi.

Per le modalità di trattamento e stoccaggio delle rocce verdi si veda la relazione PRV_C3A_7610_33-02-02. La variante progettuale oggetto di questa fase prevede una diversa modalità di gestione e stoccaggio per le rocce verdi incontrate nel TdB in prossimità dell'imbocco. In particolare, si prevede un loro stoccaggio in sotterraneo nelle tratte delle gallerie Maddalena 1 e Maddalena 2 non utilizzate in fase di esercizio. Per quanto riguarda la possibilità, piuttosto remota, di incontrarle in altre tratte, valgono i presidi già definiti in PD2.

Per maggiori dettagli in merito alla logistica di cantiere ed ai flussi dei materiali di scavo, si vedano le relazioni PRV_C3A_0887_33-02-02 e PRV_C3A_6042_33-01-02.

11. Manutenzione del tunnel in fase di esercizio

Le attività di manutenzione possono essere divise in quattro gruppi principali:

- Rilievo dello stato reale (sorveglianza, verifica di funzionamento, ispezione). Il rilievo dello stato reale consiste nello svolgere attività di cui alcune sono programmabili (sorveglianza per osservazione sistematica, monitoraggio con controlli periodici, verifica di funzionamento, ispezioni periodiche) e altre non programmabili (osservazioni fatte da terzi, ispezioni speciali).
- Manutenzione preventiva che ha per oggetto la conservazione della funzione a servizio della struttura grazie ad interventi semplici e regolari, e manutenzione correttiva eseguita a seguito della rilevazione di un'avaria e volta a riportare l'entità nello stato in cui essa possa eseguire una funzione richiesta.
- Revisione/rinnovamento;
- Ricostruzione/riparazione.

Le basi di manutenzione sono state collocate a St Jean de Maurienne ed a Susa.

I settori di manutenzione individuati per il Tunnel di Base sono:

- Saint Jean de Maurienne – Area di sicurezza di Modane Binario Pari;
- Saint Jean de Maurienne – Area di sicurezza di Modane Binario Dispari;
- Susa – Area di sicurezza di Modane Binario Pari;
- Susa – Area di sicurezza di Modane Binario Dispari.

Il concetto di manutenzione si basa sulla prescrizione che i settori in cui si svolgono lavori di manutenzione vanno chiusi al traffico. Secondo questo principio fondamentale, il rilevamento dello stato reale dei tunnel (visite di controllo, monitoraggio e ispezioni) come pure i lavori d'intervento (manutenzione) nelle gallerie di linea e nei rami di collegamento possono essere eseguiti soltanto in occasione delle interruzioni notturne dell'esercizio ferroviario, di una durata di 4 ore.

Per maggiori dettagli in merito alla manutenzione del Tunnel di Base e dei rami, si veda la relazione PRV_C3A_6050_32-01-01.

12. Cronoprogramma dei lavori

Si prevede che i lavori di costruzione cominceranno all'inizio del mese 13 con la mobilitazione dei mezzi sul cantiere industriale di Maddalena. La fine delle attività per il lotto delle opere civili è previsto il mese 103. Rimangono a carico del lotto impianti la realizzazione dei rivestimenti definitivi e delle finiture nelle discenderie Maddalena 1 e Maddalena 2 (con le loro connessioni all'area di sicurezza).

Nel caso di avanzamento con TBM, la settimana lavorativa prevede:

- 3 turni di 8h al giorno (24h/24);
- Per lo scavo:
 - Settimana lavorativa di 6 giorni su 7;
 - 313 giorni lavorativi nell'arco dell'anno solare.
- 1 giorno dedicato alla manutenzione ordinaria ed alle eventuali indagini in avanzamento agli scavi.

Nel caso di avanzamento con metodi tradizionali, la settimana lavorativa prevede:

- 3 turni di 8h al giorno (24h/24);
- Per lo scavo:
 - Settimana lavorativa di 6 giorni su 7;
 - 313 giorni lavorativi nell'arco dell'anno solare.
- 1 giorno dedicato alle indagini in avanzamento agli scavi.

Il Tunnel di Base tra Susa e Modane è sul percorso critico del cronoprogramma generale di progetto.

La velocità della tratta è stata adattata alle zone oggetto di trattamenti preventivi o zone di potenziale criticità. I valori proposti devono essere considerati come dei valori medi conservativi determinati tenendo conto della geologia, dei rischi di costruzione, del tipo di scavo (tipo di fresa, tipo di scavo convenzionale) e della logistica di costruzione. Tengono anche conto dei lavori di consolidamento e di impermeabilizzazione preventivi agli scavi.

Per lo scavo con metodo tradizionale, lo scavo ed il getto dell'arco rovescio e del riempimento possono avvenire parallelamente all'avanzamento del fronte. La velocità di avanzamento dei lavori è limitata dall'avanzamento del fronte di scavo.

La realizzazione dei rami segue quella dei riempimenti. Tuttavia è stata studiata la fattibilità della realizzazione dei rami trasversali di collegamento intertubo in parallelo all'avanzamento del fronte di ciascuna canna.

Segue poi la realizzazione del rivestimento definitivo. Il getto dei marciapiedi è previsto avvenire a fine lavori.

Nel caso della fresa mista scudata i conci vengono messi in opera in avanzamento subito a tergo dello scudo.

Per le tratte scavate con TBM, oltre agli imprevisti di natura geologica, nella redazione del cronoprogramma si è tenuto conto anche della possibile occorrenza di fermi cantiere per

Rapport général descriptif section courante coté Italie / Relazione generale descrittiva sezione corrente lato Italia

importanti guasti meccanici. Tale evenienza è graficamente rappresentata nel cronoprogramma “chemin de fer” mediante l’inserimento di un ritardo fittizio alla fine dello scavo. L’impatto sui tempi di costruzione determinato dagli imprevisti (geologici e geomeccanici) è più convenientemente trattato, secondo un approccio probabilistico, mediante analisi DAT (Decision Aids in Tunneling), che è oggetto della relazione PRV_C3A_8200_39-01-01.

13. Monitoraggio

Per il monitoraggio durante lo scavo della sezione corrente del TdB si veda la relazione PRV_C3A_0452_26-19-00_10-05_Relazione tecnica di monitoraggio e gli elaborati grafici ad essa collegati.