

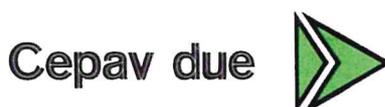
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02)

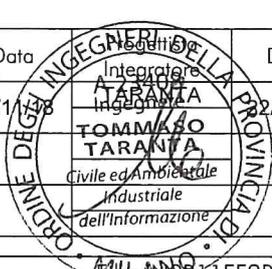
Da Pk 115+990 a Pk 120+772

Relazione generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Takamita)	Valido per costruzione Data: _____
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	G N 0 2 0 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	REGE	22/11/18	MERLINI	22/11/18	22/11/18	 Data: 22/11/2018
B							
C							



CIG. 751447334A FILE: ANDR11EE2ROGN0200002A_10.doc



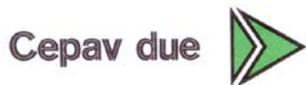
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	8
3.1.	NORMATIVE	8
3.2.	SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO	8
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	9
4.1.	UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE AREE ATTRAVERSATE	9
4.2.	SEZIONE TIPO	11
4.3.	GEOMETRIA DELL'ANELLO PREFABBRICATO	12
4.4.	IMBOCCHI	13
4.5.	BY-PASS	15
4.6.	PIAZZALI DI EMERGENZA ED AREA TECNOLOGICA	16
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	19
5.1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO	19
5.2.	DESCRIZIONE UNITÀ LITOLOGICHE	19
5.3.	UBICAZIONE DEI TROVANTI	21
6.	SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE	22
6.1.	STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO	22
6.2.	VERIFICHE IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO	24
6.3.	VERIFICHE IN FASE DI SCAVO	24
6.4.	VERIFICHE DELL'ANELLO IN CONCI PREFABBRICATI	26
6.5.	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO A SALVAGUARDIA DEGLI EDIFICI	26
6.6.	IMPERMEABILIZZAZIONE E RIVESTIMENTO DEFINITIVO	27
6.7.	NICCHIE TECNOLOGICHE	27
7.	IDRAULICA	29
8.	MONITORAGGIO	31
8.1.	DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	31

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RO GN 020 0 002	Rev. A	Foglio 3 di 37
---------	------------------	-------------	--------------------------------------------	-----------	-------------------

8.2.	FASI DI CONTROLLO E MISURA.....	32
9.	DOTAZIONI IMPIANTISTICHE E SICUREZZA IN GALLERIA.....	33
9.1.	BY PASS E NICCHIE.....	33
9.2.	IMPIANTI.....	36
9.3.	SICUREZZA IN GALLERIA: ESERCIZIO NORMALE E IN CASO DI INCENDIO.....	36
9.4.	RESISTENZA AL FUOCO.....	36

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del tracciato della linea ferroviaria Alta Velocità / Alta Capacità Milano-Verona, la galleria Lonato, comprende la galleria naturale a doppia canna più lunga della tratta, con una lunghezza complessiva di circa 4.8 km. L'opera complessiva, compresa tra le progressive 114+565.00 e 122+249.89 riferite all'asse del binario pari, è suddivisa in quattro parti d'opera distinte (WBS):

- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- GALLERIA NATURALE LONATO (GN02), corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m (binario pari) e 4751.02 m (binario dispari), tra le progressive 115+990 e 120+772;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO EST (GA07), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356.35 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO EST (TR05), corrispondente a una trincea di muri ad U, della lunghezza di 68.55 m, di approccio alla galleria artificiale est.

Per quanto concerne l'opera principale costituita dalla galleria naturale, il cui scavo è previsto con l'impiego di una TBM del tipo EPB, le caratteristiche geometriche essenziali sono le seguenti:

- lunghezza binario pari = 4782.0 m;
- lunghezza binario dispari = 4751.02 m;
- raggio planimetrico minimo = 7130 m;
- pendenza longitudinale massima = 0.605 %;
- diametro di scavo \approx 10 m, diametro interno galleria = 8.8 m;
- interasse fra le due canne \approx 30 m.

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato di Lonato in adiacenza ad una zona industriale; il tracciato ferroviario interferisce dopo circa 350 m dal primo inizio (nel verso delle progressive crescenti) con l'Autostrada A4 Milano - Venezia, al di sotto della quale dovranno passare le due canne della galleria Lonato con una copertura, rispetto all'autostrada, di circa 10 m.

Dal punto di vista geologico il territorio interessato dalla galleria è situato nella porzione occidentale dell'anfiteatro morenico gardesano, la sua posizione risulta esterna rispetto a più giovani depositi wurmiani localizzati tra Desenzano e Peschiera e in posizione più interna rispetto ai più antichi depositi morenici mindeliani. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai depositi fluvio-glaciali che fanno transizione, senza brusche interruzioni di facies, ai cordoni morenici Rissiani, che conservano con rilievo decametrico, ancora una buona evidenza morfologica.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, ci sono depositi glacio-lacustri di estensione reale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose. Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi fluvio-glaciali essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, entrando successivamente nei depositi glaciali del cordone morenico rissiano. Il corpo morenico risulta articolato in più cordoni con andamento N-S o NO-SE, intervallati da depositi fluvio-glaciali e in condizioni particolari da depositi glaciolacustri.

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GN02, con riferimento alle Opere Civili, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante.

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	P	5	GN	02	0	0	001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria indagini geognostiche (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	P	5	GN	02	0	0	002	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria indagini geognostiche (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	R	B	GN	02	0	0	001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione geotecnica
INOR	11	E	E2	R	I	GN	02	0	0	001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione di smaltimento acque di piattaforma ed esterne
INOR	11	E	E2	R	I	GN	02	0	0	002	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione idraulica per lo smaltimento delle acque meteoriche
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 1/3)
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 2/3)
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 3/3)
INOR	11	E	E2	F	5	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	F	5	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	W	9	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 1 di 4)
INOR	11	E	E2	W	9	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 2 di 4)
INOR	11	E	E2	W	9	GN	02	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 3 di 4)
INOR	11	E	E2	W	9	GN	02	0	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 4 di 4)
INOR	11	E	E2	W	Z	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezione trasversale tipologica della galleria
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	0	0	001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Opere di drenaggio delle acque di piattaforma (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	0	0	002	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Opere di drenaggio delle acque di piattaforma (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	A	T	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Tabella materiali
INOR	11	E	E2	R	O	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione generale
INOR	11	E	E2	C	L	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo
INOR	11	E	E2	C	L	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo - allegati numerici
INOR	11	E	E2	S	P	GN	02	0	1	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Specifiche Tecniche Macchina di scavo
INOR	11	E	E2	R	O	GN	02	0	1	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione tecnica sui parametri operativi della macchina EPB
INOR	11	E	E2	R	O	GN	02	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di monitoraggio
INOR	11	E	E2	R	O	GN	02	0	1	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Valutazione statistica dei trovanti presenti lungo il tracciato della galleria
INOR	11	E	E2	R	O	GN	02	A	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Modalità di esecuzione degli interventi di consolidamento
INOR	11	E	E2	S	R	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Analisi di rischio estesa
INOR	11	E	E2	F	6	GN	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio - Tav. 1/2
INOR	11	E	E2	F	6	GN	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio - Tav. 2/2
INOR	11	E	E2	C	L	GN	02	A	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo degli effetti indotti in superficie
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 1/3)
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 2/3)
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 3/3)
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 1 di 3
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 2 di 3
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	006	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 3 di 3
INOR	11	E	E2	P	7	GN	02	A	0	007	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Sede autostradale
INOR	11	E	E2	W	Z	GN	02	A	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Esterno - Sezioni con strumentazione.
INOR	11	E	E2	W	Z	GN	02	A	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Interno - Sezioni
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 1 - planimetria e sezioni Tav. 1/2
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 1 - planimetria e sezioni Tav. 2/2
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 2 e 3 - Planimetria e sezioni
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 4 e 5 - Planimetria e sezioni
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 6 e 7 - Planimetria e sezioni
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	A	0	006	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 8 - Planimetria e sezioni
INOR	11	E	E2	P	B	GN	02	0	5	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Sezioni e schema planimetrico anello

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA

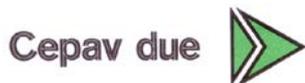


Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002Rev.
AFoglio
6 di 37

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	02	0	5	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Viste frontali e posizioni concio di chiave
INOR	11	E	E2	D	Z	GN	02	0	5	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Schema anello coordinate punti di riferimento
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo A
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo B
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo C
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	004	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo D
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	005	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo E
INOR	11	E	E2	B	C	GN	02	0	5	006	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo F
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	02	0	5	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Particolari costruttivi
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	001	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo A
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo B
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	003	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo C
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	004	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo D
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	005	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo E
INOR	11	E	E2	B	K	GN	02	0	5	006	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo F
INOR	11	E	E2	P	B	GN	02	0	5	002	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Andamento conci in rettilineo e in curva
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	0	8	001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria percorsi d'esodo e segnaletica di emergenza. (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GN	02	0	8	002	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria percorsi d'esodo e segnaletica di emergenza. (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	C	L	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo by-pass e nicchie
INOR	11	E	E2	C	L	CM	01	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo by-pass e nicchie - Allegati numerici
INOR	11	E	E2	W	B	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali tipologiche delle nicchie
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - Nicchie NRDG+FG e BTS/TT - Tipo 1
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - Nicchie NRDG+FG e BTS/TT - Tipo 2
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - Nicchie TT - Tipo 1
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - Nicchie TT - Tipo 2
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - Nicchie TE
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	006	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - By-pass di sicurezza
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	007	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci - By-pass MT
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TE - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	008	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TE - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TE - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TE - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	004	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NRDG+FG - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	009	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia NRDG+FG - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	005	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NRDG+FG - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	006	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NRDG+FG - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	007	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TT - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	010	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TT - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	008	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TT - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	009	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TT - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	010	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie BTS/TT - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	011	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie BTS/TT - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	011	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie BTS/TT - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	012	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie BTS/TT - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	013	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	012	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	013	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	014	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - Armatura

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002Rev.
AFoglio
7 di 37

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	015	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - Scavi e consolidamenti
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	014	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	01	0	0	015	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	B	CM	01	0	0	016	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - Armatura
INOR	11	E	E2	P	7	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 1/3)
INOR	11	E	E2	P	7	CM	01	0	0	002	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 2/3)
INOR	11	E	E2	P	7	CM	01	0	0	003	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 3/3)
INOR	11	E	E2	B	X	CM	01	0	0	001	GALLERIA NATURALE LONATO NICCHIE E BY-PASS (CM01) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Collegamenti equipotenziali masse metalliche

3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

3.1. Normative

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (NTC 2008) : "Norme tecniche per le costruzioni"
- Legge 05.11.1971 n. 1086 : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. del Maggio 1993 : "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce".
- Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 28 ottobre 2005. Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie.

3.2. Specifiche Tecniche di Riferimento

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008.

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

4.1. Ubicazione e descrizione delle aree attraversate

La galleria Lonato appartiene alla nuova linea A.C. nel lotto Verona – Brescia, tra le progressive 114+565 e 122+197.19 (binario pari), per uno sviluppo complessivo pari a 7632.19 m.

La parte centrale dell'opera, compresa tra le progressive 115+990.00 e 120+772, per uno sviluppo complessivo di 4782 m (canna relativa al binario pari), verrà realizzato a foro cieco, con scavo meccanizzato, mediante fresa TBM-EPB.

L'imbocco della galleria sul lato Ovest, avverrà in un'area attualmente prativa, a Sud – Ovest del centro di Lonato, compresa tra la linea ferroviaria lenta RFI a Nord e l'autostrada A4 Milano – Venezia a Sud (si veda l'area indicata dalla freccia rossa in Figura 4-1).

Ad una distanza di circa 180 m dall'imbocco, è previsto il sotto attraversamento, da parte di entrambe le canne, dell'autostrada A4, per un tratto sub-parallelo che si sviluppa per circa 425 m in asse all'autostrada, con coperture dell'ordine di 10 – 12 m.

Fino alla progressiva 117+250 circa, il tracciato altimetrico presenta coperture piuttosto ridotte, fino ad un massimo di 16 m, con posizione planimetrica parallela sul lato Sud all'autostrada, al di sotto di una zona industriale – artigianale.



Figura 4-1: Galleria Lonato – vista dell'area di imbocco Ovest del tratto di galleria Naturale. Sullo sfondo la città di Lonato (fotografia da Sud – Ovest)

A partire dalla progressiva 117+250 circa, il piano campagna presenta un pendio con aumento della quota campagna da 150 m s.l. m. a 163 m s.l. m. con coperture che aumentano subito a 30 m, e si mantengono al di sotto dei 40 m per altri 700 m circa, al di sotto dell'attività vivaistica "Spazio Verde", in località Via Prè.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002

Rev.
A

Foglio
10 di 37



Figura 4-2: Galleria Lonato – Vista dell’attività vivaistica “Spazio Verde” – km. 107+650 – 107+950 (fotografia da Ovest)

Nel tratto successivo, le quote del piano campagna crescono fino alla quota di 207 m s. l. m. circa, dove, in corrispondenza della progressiva 108+350, si raggiungerà la massima copertura, pari a circa 80 m, sulla sommità di un’altura in località Via Lugasca.



Figura 4-3: Galleria Lonato – Punto di massima copertura - km.108+350. (scatto da Sud – Ovest)

Nel successivo tratto, fino alla progressiva 119+000 circa, il tracciato si mantiene ad una profondità attorno ai 45 – 50 m, sotto la zona dell’agriturismo “Cascina Graziosa”.

Le quote del piano campagna si portano nuovamente in un tratto pianeggiante, su quote di 130 – 135 m s.l. m. con coperture nuovamente basse, tra i 17 e i 20 m, fino alla progressiva 120 + 650 circa, attraversando tutta la zona industriale di Colombara, a sud del casello autostradale di Desenzano.

Nel tratto immediatamente successivo le quote altimetriche si abbassano ulteriormente attorno ai 114 m s.l. m., nel punto in cui la galleria naturale avrà il suo imbocco Est, poco lontano dall’Azienda Agricola Serraglio.

L’imbocco verrà realizzato in corrispondenza del pendio al limitare dell’area prativa, riportato nella foto di Figura 4-4.



Figura 4-4: Galleria Lonato – Vista dell’area di imbocco Est del tratto di galleria Naturale (km. 110 + 770)

Rispetto al tracciato del PD 2014 – 2015, l’imbocco Ovest, è stato spostato di circa 1 m a Sud per entrambi i binari, a seguito della variante Feralpi che esaurisce il suo effetto nei primi 1500 m del tratto in naturale.

L’imbocco Est invece è stato spostato di circa 28 m in direzione trasversale verso Sud, e di circa 25 m in direzione longitudinale verso Est, in ottemperanza alla Variante Serraglio.

4.2. Sezione tipo

La sezione tipologica delle gallerie mono-canna, è stata adeguata, nel corso della revisione al Progetto Definitivo del 2017, agli standard geometrici previsti dal nuovo Manuale di Progettazione RFI 2016, ed in particolare, le principali modifiche apportate sono (Figura 4-5):

- Riduzione del raggio interno dello scavo meccanizzato da 450 cm a 440 cm. Conseguentemente la massima larghezza della galleria al piedritto è stata ridotta da 9.00 m a 8.80 m.
- I marciapiedi laterali interni (lato by-pass), costituenti i camminamenti di emergenza (denominate vie d’esodo), sono stati portati da un’altezza di +0.20 m rispetto al piano del ferro, ad un’altezza di +0.55 m. Sul lato esterno invece è stato mantenuto uno stradello di manutenzione a +0.20 m rispetto al pianto ferro.

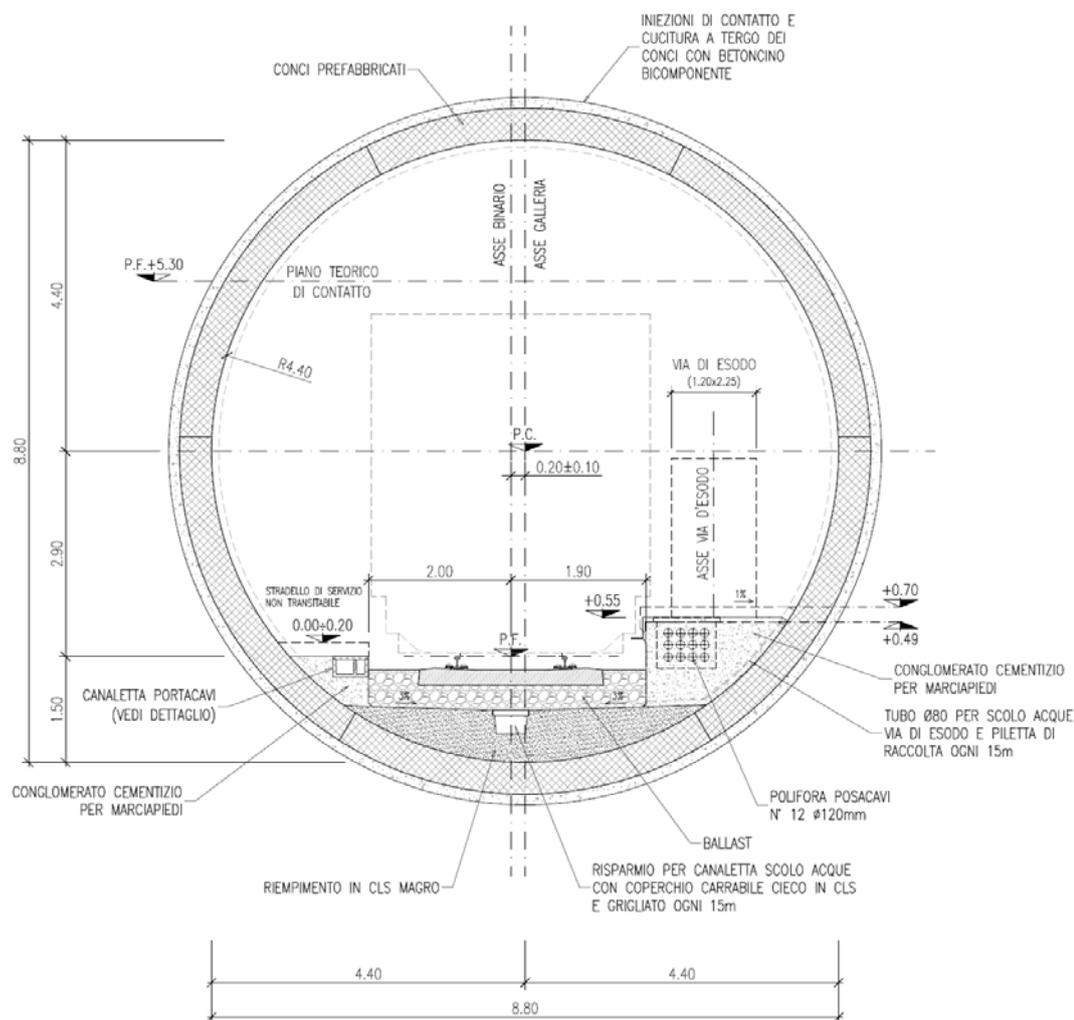


Figura 4-5: Lonato – Sezione trasversale tipologica

4.3. Geometria dell'anello prefabbricato

La galleria verrà realizzata mediante scavo meccanizzato utilizzando una fresa scudata ad attacco integrale, del tipo a contropressione di terreno al fronte (EPB), in grado di affrontare lo scavo in terreni incoerenti o poco coerenti anche in presenza di falda, con la capacità di adattarsi alla variabilità imposta dal contesto geotecnico lungo il tracciato ed all'eterogeneità dei materiali.

Le caratteristiche dell'anello di rivestimento della galleria scavata in scavo meccanizzato con le seguenti:

- diametro interno: 8.80 m
- spessore conci: 0.45 m
- lunghezza conci: 2.00 m

- tipologia di anello: 6 conci
- numero gruppi di spinta: 19 gruppi da 2 martinetti ciascuno (3 gruppi per segmento corrente ed un gruppo in chiave in chiave).

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo devono presentare una elevata resistenza meccanica e precisione geometrica. La tenuta idraulica del rivestimento sarà garantita da guarnizioni in gomma montate sul perimetro del concio e da iniezioni a tergo del concio che vanno ad intasare lo spazio anulare fra profilo di scavo ed estradosso concio. Tali iniezioni verranno eseguite in continuo a tergo dello scudo onde cementare l'anello e riempire il prima possibile lo spazio anulare contrastando l'innescio di potenziali fenomeni di volume perso in superficie.

Nel progetto si è previsto di utilizzare un anello di tipo universale. Mediante la rotazione dell'anello rispetto al proprio asse è possibile sfalsare i giunti longitudinali tra i conci e seguire l'andamento piano-altimetrico del tracciato.

I conci verranno assemblati all'interno dello scudo e collegati gli uni agli altri mediante barre guida e bulloni lungo i giunti longitudinali e bulloni lungo i giunti circonferenziali.

La macchina di scavo esegue la spinta per l'avanzamento attraverso una serie di martinetti agenti sui conci in precedenza montati. Il calcolo delle spinte necessarie all'avanzamento è riportato nella relazione di calcolo della galleria.

Tali spinte risultano esattamente definite e controllabili nell'ambito dell'attività di guida dalla macchina di scavo.

4.4. Imbocchi

I due imbocchi sono stati modificati rispetto a quelli previsti dal Progetto Definitivo. Più precisamente invece di paratie in jet – grouting si sono adottate paratie di pali del diametro $\phi = 1200$ mm disposti ad interasse di 1.4 m.

Di seguito, si riportano alcune delle principali considerazioni che hanno portato al cambiamento della tipologia di entrambi gli imbocchi.

- Trattandosi della zona di partenza della TBM-EPB, è necessario ottenere il massimo spazio possibile tenendo conto che sulla base dell'ormai usuale prassi è possibile l'attacco diretto dello scavo con la TBM-EPB, a partire dallo scavo della stessa paratia, mediante opportuna sella in cls e un adeguato telaio di spinta. A questo riguardo il classico andamento planimetrico ad "arco" della paratia in jet – grouting è poco adatto agli ingombri di una TBM, anche con riferimento alla superficie "piana" della testa fresante della TBM (diametro di circa 10 m).
- Le opere di sostegno di tali imbocchi sono destinate, come da cronoprogramma, a restare per un periodo di tempo estremamente lungo. Vista la delicatezza dell'intera gestione dello scavo meccanizzato, l'opera di sostegno deve garantire un particolare elevato grado di sicurezza anche con riferimento ad eventuali comportamenti geotecnici di "creep" dei terreni interessati dallo scavo. Inoltre, vista la natura discretamente permeabile dei terreni, è importante che l'opera di sostegno sia in grado di contrastare efficacemente un eventuale innalzamento eccezionale della falda in periodi particolarmente piovosi e anche nel caso di eventi alluvionali. A quest'ultimo riguardo, si è ritenuto che una paratia costituita da pali di grosso diametro fosse in grado di garantire più elevati margini di sicurezza rispetto al tipico setto di terreno trattato in jet - grouting.

Nella Figura 4-6 è riportato uno stralcio planimetrico della soluzione adottata per l'imbocco lato Verona; analoga soluzione è stata adottata per l'imbocco lato Milano.

7. realizzazione dell'arco rovescio della sezione di transizione policentrica, che costituirà nella prima fase la sella per il montaggio e spinta dello scudo e della macchina;
8. montaggio dello scudo al di fuori della dima;
9. spinta dello scudo fino al fronte della paratia e montaggio all'esterno e dentro la dima di un certo numero di anelli prefabbricati per la contro spinta in fase di attacco;
10. realizzazione di un tratto di calotta di galleria artificiale necessario a contrastare la contropinta ed intasamento del gap tra i conci e la galleria artificiale stessa;
11. messa in opera della struttura di contropinta in posizione finale al di fuori della galleria artificiale realizzata;
12. prima spinta ed inizio dello scavo meccanizzato.

In configurazione finale rimarrà in opera quindi un tratto con i conci prefabbricati all'interno della galleria artificiale.

Le geometrie delle opere di imbocco sono state studiate prevedendo che gli scavi con la TBM – EPB possano iniziare dall'imbocco lato Verona, scavando per prima la canna relativa al binario dispari; una volta che la TBM – EPB raggiungerà l'imbocco lato Milano sarà opportunamente smontata e riportata nuovamente all'imbocco lato Verona per realizzare la seconda canna, relativa al binario pari.

4.5. By-pass

La lunghezza complessiva della galleria Lonato, comporta la realizzazione di un certo numero di by-pass di collegamento tra le due canne, ad inter-distanza non superiore ai 500 m, e parimenti distanti dagli imbocchi, in accordo con le normative di riferimento per la tipologia di galleria a doppia canna, e coerentemente con quanto previsto dall'Analisi di Rischio.

Il concetto della sicurezza in galleria prevede che in caso di evento incidentale, le vie d'esodo conducano i viaggiatori scesi dal treno verso il by-pass più vicino, che attraverso un sistema di protezione e di pressurizzazione, consente l'evacuazione verso il luogo sicuro costituito dalla canna non incidentata.

Nella galleria Lonato, sono presenti 13 by-pass complessivi, di cui 2 nella galleria artificiale Lonato Ovest, 3 nella galleria artificiale Lonato Est, ed i rimanenti 8 nel tratto in naturale.

Le lunghezze interne complessive sono di circa 20 m nel tratto in naturale, fino ad un minimo di 8 m nei tratti in artificiale.

Il tratto in artificiale lato Milano (GA06) presenta la particolarità di un primo tratto, lungo meno di 1000 m, costituito da un'unica struttura realizzata in Top-Down, che risulta:

- per un primo tratto di 325 m, monocanna a doppio binario;
- per un secondo tratto di 250 m a canne separate da un setto finestrato;
- per un terzo tratto di 320 m a canne separate da un setto continuo. In corrispondenza della transizione tra il secondo e il terzo tratto sono previsti due camini di disconnessione fumi tra le due canne.

Sul tratto in artificiale lato Verona invece la galleria esce all'aperto a canne separate; è stato previsto un tratto di 30 m di sfasamento nelle progressive di uscita tra le due canne, anche in questo caso per garantire la disconnessione dei fumi.

Ciascun by-pass, nei tratti in naturale, verrà realizzato con scavo tradizionale, a partire dalle due canne, verrà scavato con un campo di avanzamento unico per ciascun lato, e avrà forma interna policentrica, come mostrato in Figura 4-7. L'apertura nei conci prefabbricati verrà realizzata garantendo una cerchiatura di sostegno del rivestimento tagliato, con struttura provvisoria in acciaio.

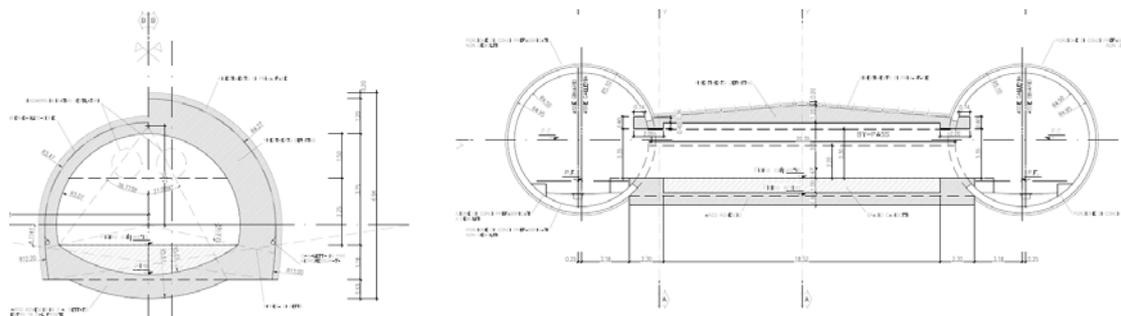


Figura 4-7: Galleria Lonato: pianta e sezione trasversale by-pass

I by pass per i tratti in artificiale invece verranno realizzati con sezione scatolare cut & cover, ad eccezione del by-pass numero 1, che verrà gestito con uno scavo top-down insieme alla galleria artificiale.

4.6. Piazzali di emergenza ed Area Tecnologica

E' prevista la realizzazione di due aree, in prossimità degli imbocchi del sistema di gallerie Lonato, avente la duplice funzione di:

1. raccogliere le funzioni tecnologiche a supporto della galleria;
2. distribuire le dotazioni di sicurezza della galleria, costituite dai punti di raccolta, punti anti-incendio e passaggi a raso.

Il piazzale di emergenza lato Ovest è ubicato alla progressiva in asse pk. 114+488, in adiacenza all'imbocco della galleria artificiale GA06, al limitare ovest della proprietà di Feralpi.

Il piazzale, di superficie rettangolare, avrà dimensioni pari a 80 x 26 - 37 m, per circa 2700 m² di aree asfaltate, e sarà organizzato con le seguenti dotazioni:

- fabbricato tecnologico in muratura di lunghezza 35 m e larghezza 8 - 12 m;
- cabina MT di dimensioni esterne 11,5 x 5,5 m;
- vasca antincendio interrata, con rampa scale di uscita di dimensioni esterne 12,5 x 5,5 m;
- piazzale di emergenza di dimensioni planimetriche 26 x 22 m, per 575 m² di area complessiva, suddivisa in 5 sotto-aree di diversa funzionalità;

Lo spazio adibito a piazzale di emergenza, risulterà connesso all'imbocco della galleria, tramite due marciapiedi laterali (vie d'esodo) di larghezza 120 cm con le stesse caratteristiche tecniche delle vie di esodo interne alla galleria.

A partire dal punto di raccolta del piazzale di emergenza, sarà realizzato un doppio marciapiede di lunghezza 400 m e larghezza 200 cm ciascuno, con sviluppo verso Est, a servizio della sosta dei convogli e dello sbarco dei passeggeri in casi di evento incidentale, così come previsto dal Manuale di Progettazione RFI 2016. Alle estremità dei marciapiedi sono previsti due attraversamenti pedonali a raso larghi 2,40 m (lato Est) e 20,00 (in adiacenza alla galleria) dotati di opportune rampe di raccordo che permetteranno l'evacuazione in sicurezza verso l'area di gestione delle emergenze.

L'accesso dall'esterno all'area tecnologica e piazzale di emergenza, verrà garantita da un nuovo tratto di viabilità che verrà connesso alla rete stradale esistente (via Pasini).

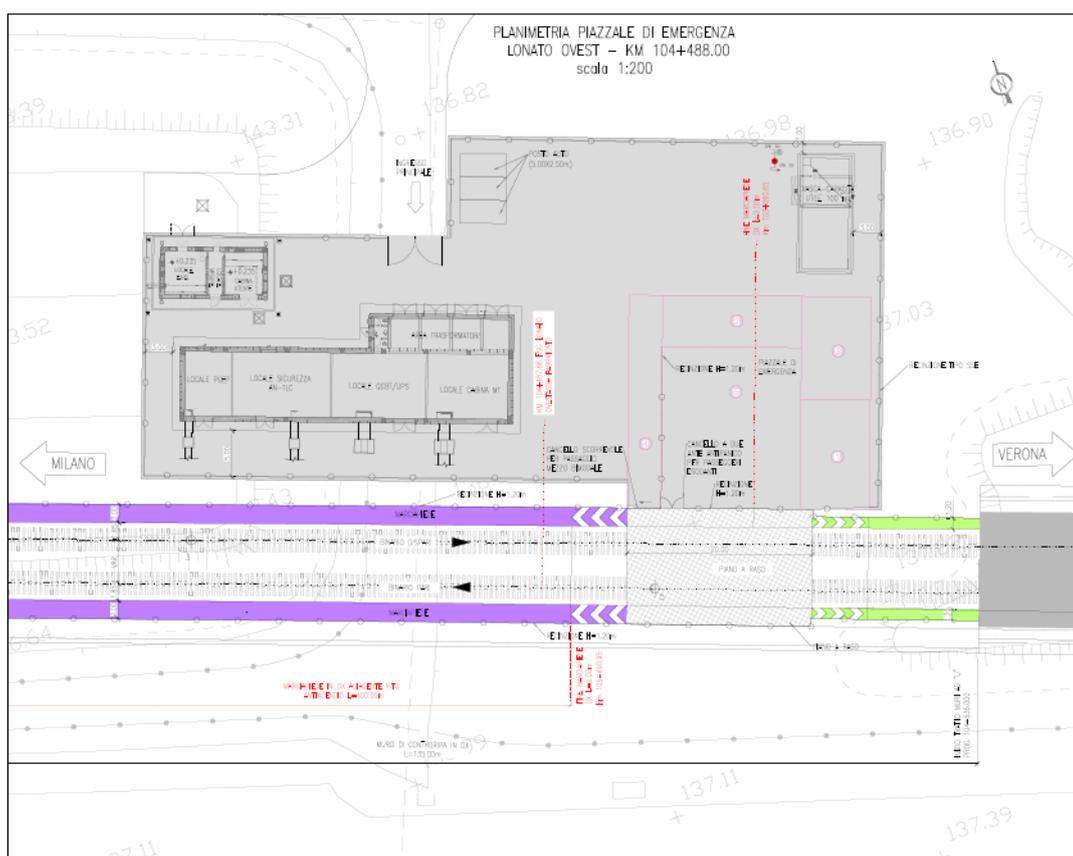


Figura 4-8: Galleria Lonato – Piazzale di emergenza Ovest e punto antincendio

Il piazzale di emergenza lato Est è ubicato alla progressiva in asse pk. 122+325, circa 120 m ad Est rispetto all'imbocco lato Verona della GA07.

Il piazzale, di superficie rettangolare, avrà dimensioni pari a 67 x 33 - 39 m, per circa 2400 m² di area asfaltate, e sarà organizzato con le seguenti dotazioni:

- fabbricato tecnologico in muratura di lunghezza 35 m e larghezza 8 – 12 m;
- cabina MT di dimensioni esterne 11,5 x 5,5 m;
- vasca antincendio interrata, con rampa scale di uscita di dimensioni esterne 12,5 x 5,5 m;

- piazzale di emergenza di dimensioni planimetriche 26 x 22 m, per 575 m² di area complessiva, suddivisa in 5 sotto-aree di diversa funzionalità;

Lo spazio adibito a piazzale di emergenza, risulterà connesso all'imbocco della galleria, tramite due marciapiedi laterali (vie d'esodo) di larghezza 120 cm con le stesse caratteristiche tecniche delle vie di esodo interne alla galleria.

A partire dal punto di raccolta del piazzale di emergenza, sarà realizzato un doppio marciapiede di lunghezza 400 m e larghezza 200 cm ciascuno, con sviluppo verso Est, a servizio della sosta dei convogli e dello sbarco dei passeggeri in casi di evento incidentale, così come previsto dal Manuale di Progettazione RFI 2016. Alle estremità dei marciapiedi sono previsti due attraversamenti pedonali a raso larghi 2,40 m (lato Est) e 20,00 (in adiacenza alla galleria) dotati di opportune rampe di raccordo che permetteranno l'evacuazione in sicurezza verso l'area di gestione delle emergenze.

L'accesso dall'esterno all'area tecnologica e piazzale di emergenza, verrà garantita da un nuovo tratto di viabilità che verrà connesso alla rete stradale esistente (strada vicinale San Pietro).

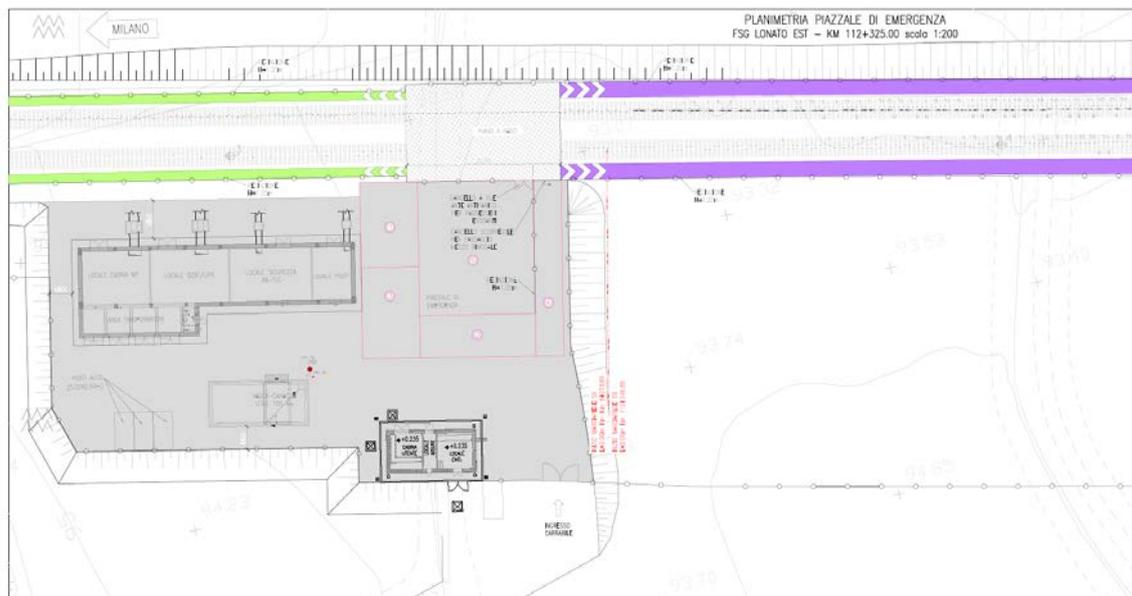


Figura 4-9: Galleria Lonato – Piazzale di emergenza Ovest e punto antincendio

Gli edifici tecnologici saranno realizzati con una struttura monopiano a travi e pilastri in c.a. con tamponamenti in muratura, opportunamente dimensionata per l'alloggiamento e la gestione degli apparati tecnologici.

FABBRICATO TECNOLOGICO PROSPETTO B scala 1:50

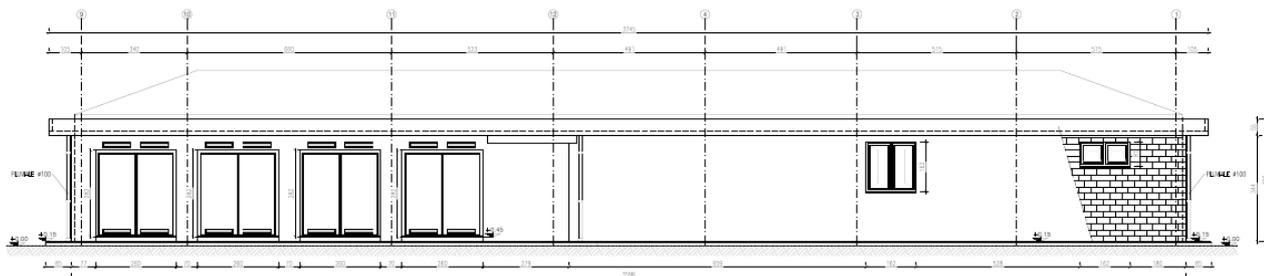


Figura 4-10: Galleria Lonato – Fabbricato tecnologico: prospetto frontale edificio tecnologico

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

5.1. Inquadramento geografico e geologico

La ricostruzione geologica viene ripresa dagli elaborati: "Studio geologico-idrogeologico di dettaglio Galleria Lonato" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di Lonato" basati sull'analisi dagli approfondimenti condotti mediante la campagna geognostica integrativa eseguita durante la redazione del Progetto Esecutivo.

La zona di Lonato dal punto di vista geologico è situata nella porzione occidentale dell'anfiteatro morenico gardesano, la sua posizione risulta esterna rispetto a più giovani depositi wurmiani localizzati tra Desenzano e Peschiera e in posizione più interna rispetto ai più antichi depositi morenici mindeliani. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai depositi fluvio-glaciali che fanno transizione, senza brusche interruzioni di facies, ai cordoni morenici Rissiani, che conservano con rilievo decametrico, ancora una buona evidenza morfologica.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, si sono depositi dei depositi glacio-lacustri di estensione reale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose.

Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi fluvioglaciali essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, entrando successivamente nei depositi glaciali del cordone morenico rissiano. Il corpo morenico risulta articolato in più cordoni con andamento N-S o NO-SE, intervallati da depositi fluvioglaciali e in condizioni particolari da depositi glaciolacustri.

Dal punto di vista litologico i depositi morenici, al di sotto terreni coltivati o rimaneggiati di spessore metrico sono costituiti da: ghiaie e ciottoli a supporto di matrice limoso-argillosa, limi, limi sabbioso ghiaiosi e limi argillosi con ghiaie. Il corpo centrale del cordone morenico presenta generalmente una permeabilità ridotta; localmente specie nelle zone più superficiali al passaggio con i depositi fluvioglaciali possono essere presenti delle lenti ghiaioso sabbiose con possibilità di circolazione idrica. In generale dal punto di vista idraulico i depositi attraversati sono caratterizzati da una marcata partizione dovuta al brusco contatto tra corpi a differente permeabilità con geometrie spesso articolate.

5.2. Descrizione unità litologiche

La ricostruzione geologica e le progressive sono riprese dagli elaborati: Studio geologico - idrogeologico di dettaglio Galleria Lonato" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di Lonato".

Nell'area in esame sono state riconosciute le seguenti unità, appartenenti ai depositi di copertura:

- Depositi fluvioglaciali: Questi depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie limoso argillose. Sono presenti in corrispondenza dell'imbocco lato Milano fino alla progressiva 108+600 circa e come depositi intramorenici nella parte centrale del tracciato presso lo svincolo di Desenzano;
- Depositi glaciali - morene: Questi depositi eterometrici sono costituiti da sabbie e ghiaie limoso argillose con blocchi litici da decimetrici a metrici, ghiaie sabbioso limose e limi con ghiaietto. I depositi si presentano compatti. Sono caratterizzati da un'evidenza morfologica superficiale e sono presenti nella parte centrale del tracciato, fino all'imbocco lato Verona. Nelle depressioni tra questi depositi morenici sono contenuti depositi fluvioglaciali o glaciolacustri.

- Depositi glaciolacustri: I depositi glaciolacustri sono riconosciuti lungo il tracciato come depositi lentiformi caratterizzati da limitata persistenza laterale. Questi depositi sono costituiti prevalentemente da limi, limi sabbioso argillosi. Questi depositi appoggiano sulla morena e sembrano non interessare lo scavo.

La morfologia risulta costituita da rilievi poco marcati altimetricamente costituiti da cordoni morenici, le quote del piano campagna variano tra 125 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Verona e un massimo di circa 205 m s.l.m. in corrispondenza della progressiva 108+250. I cordoni morenici presentano un'evidenza morfologica e un rilievo molto maggiore rispetto alla Galleria S. Giorgio in Salici.

In genere i depositi glaciali, in funzione dell'elevata presenza di materiale fine, nonostante l'eterogeneità e la presenza di materiale grossolano, presentano permeabilità ridotte. I depositi glaciofluviali riconosciuti presentano una presenza di materiale fine nettamente superiore rispetto ai depositi alluvionali, che sono soggetti ad una maggior selezione da parte degli agenti di trasporto e deposizionali. In funzione della loro granulometria i depositi fluvioglaciali presentano una permeabilità ridotta rispetto ai depositi alluvionali che costituiscono la circostante pianura. Sono presenti delle zone di circolazione idrica sia nei depositi glaciofluviali sia in orizzonti localizzati all'interno delle morene. In generale gli acquiferi più superficiali, falda freatica e falde sospese presentano forti variazioni stagionali e tendono ad ubicarsi tra i 10 e i 20 m da piano campagna.

La falda profonda è ubicata generalmente a profondità maggiori di 50 m da piano campagna in depositi alluvionali o fluvioglaciali, sottostanti i cordoni morenici, o in orizzonti più grossolani all'interno di questi corpi; questa falda risulta sotto la quota di scavo e si presenta costante come livello.

Le formazioni geologiche presenti nell'area di progetto possono essere distinte, dal punto di vista idrogeologico, in due unità principali caratterizzate da permeabilità per porosità diverse.

Una discreta continuità della falda superficiale può essere attesa all'interno dei depositi fluvioglaciali intramorenici, mentre all'interno delle morene sono attesi corpi idrici localizzati realmente a fasce di maggiore granulometria.

In genere i depositi glaciali, presentano permeabilità ridotte mentre i depositi fluvioglaciali presentano una maggiore permeabilità pur essendo meno permeabili dei depositi alluvionali s.s.

Le falde sono rappresentate da acquiferi freatici a pelo libero ospitati nei depositi fluvioglaciali e delimitati inferiormente dai corpi morenici che costituiscono degli orizzonti impermeabili e separano differenti falde confinate negli intervalli intramorenici.

Viene riconosciuta all'interno dei corpi morenici la presenza di orizzonti più permeabili sede di falde sospese superficiali con ricarica diretta e la presenza di falde confinate da livelli argillosi in condizioni semiartesiane.

La ricostruzione geologica e le progressive vengono di seguito riportate:

- Nei depositi fluvioglaciali presenti sul lato Milano dall'imbocco della galleria naturale fino alla progressiva 118+600 la falda profonda si posiziona a circa 50 m da piano campagna mentre la falda superficiale viene riconosciuta solo in alcuni dei piezometri e si presenta lateralmente e con oscillazioni stagionali.
- Dalla progressiva 118+600 fino alla 119+250 circa lo scavo attraversa dei depositi morenici in eteropia con depositi fluvioglaciali e glaciolacustri con possibile presenza localizzata di acquiferi multistrato sospesi compresi tra 15 e 27 m da piano campagna.
- Nel settore tra le progressive 119+250 e 120+235 lo scavo attraversa una depressione nella morena formata dalla presenza di uno scaricatore glaciale e riempita da depositi fluvioglaciali intramorenici che ospitano una

falda freatica ubicata a circa 20 m da piano campagna. Questa falda viene intercettata dallo scavo ed riconosciuta come continua lateralmente e alimentata con continuità.

Tra le progressive 120+235 e la fine della galleria naturale lo scavo attraversa depositi glaciali con la possibilità della presenza localizzata di falde sospese a circa 20 m da piano campagna.

5.3. Ubicazione dei trovanti

Le indagini geognostiche effettuate tramite sondaggi sono state integrate da due studi condotti tramite rilievi di superficie finalizzati a fornire indicazioni sulla ubicazione e sulle dimensioni dei trovanti ubicati in una fascia ettometrica (circa 500 m per ogni lato) intorno al tracciato della galleria Lonato. Lo studio dei trovanti consta di due distinte relazioni descrittive accompagnate da elaborati cartografici (carta geologica o planimetria) con ubicazione dei trovanti riscontrati in superficie e da una relazione riguardante lo studio geostatistico della distribuzione dei trovanti:

- Aquater (Marzo 2004) Massi erratici e affioramenti nell'area della galleria di Lonato. (redatto da SGI);
- Dott. Geol. G. Crestana (Giugno 2004) Linea alta capacità Milano Verona dal km 113+100 al km 122+000 - Carta geologica scala 1:10.000; 04-IR-E-30399 00 - Valutazione geostatistica dei trovanti presenti nei terreni interessati dallo scavo della galleria di Lonato (BS).

Le distribuzioni dei trovanti riportate nei due studi sono congruenti e l'integrazione dei due rilievi garantisce la completezza del dato acquisito. I trovanti indicati sulle planimetrie sono stati riportati sulle tavole del profilo geologico - geotecnico della Galleria di Lonato.

Considerate le coperture della galleria, le condizioni superficiali possono essere considerate rappresentative delle condizioni incontrate dallo scavo, anche se vi è da osservare che i rilievi condotti in superficie non possono che sottostimare la frequenza dei trovanti, considerato che molti di loro possono essere stati rimossi e che gli studi condotti non prendono in esame i massi al di sotto dei 40-50 cm.

L'analisi geostatistica ha messo in luce che la probabilità di incontrare trovanti durante lo scavo è molto elevata (un trovante di dimensioni maggiori di 50 cm ogni 2.6 metri di scavo per ciascuna canna). Tale situazione rende problematico lo scavo meccanizzato, con conseguenze sull'avanzamento di difficile valutazione a priori.

6. SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE

Durante la fase di progettazione esecutiva, sono state studiate le problematiche relative al comportamento deformativo dei terreni durante lo scavo, nonché le problematiche tecniche legate agli avanzamenti in modalità di scavo meccanizzato e le scelte progettuali adottate, con riferimento alle interferenze superficiali evidenziate ed agli interventi di consolidamento previsti.

Lo scavo meccanizzato offre una metodologia di avanzamento più industrializzata rispetto allo scavo tradizionale, con produzioni giornaliere teoricamente superiori a quanto possibile mediante scavi in tradizionale, ma condizionate dalla presenza dei trovanti, che possono causare il blocco temporaneo della macchina e difficoltà di avanzamento a causa delle difficoltà di frantumazione ed allontanamento dalla camera di scavo.

Al fine di evitare tali situazioni è stato necessario prevedere consolidamenti del terreno, soprattutto nelle zone con maggiori interferenze.

Nel seguito si riepilogano brevemente le problematiche che hanno guidato la progettazione, in particolare esaminando il comportamento del fronte di scavo (fase di diagnosi).

6.1. Stabilità del fronte di scavo

La valutazione dell'evoluzione dello stato tensionale nel terreno a seguito della realizzazione di una galleria viene condotta attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi del mezzo attraversato, che forniscono informazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

Il comportamento del cavo e del fronte è infatti funzione, oltre che delle caratteristiche geometriche della cavità stessa e dei carichi litostatici cui è soggetta, delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità del nucleo d'avanzamento ovvero del terreno individuato a monte del fronte dallo stesso profilo di scavo per una profondità di circa un diametro. Infatti, se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente, tale da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tenso-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento sul fronte, cui conseguono il detensionamento e il decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del terreno al contorno del cavo. Se, viceversa, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, esso 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.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

- **Categoria A: Galleria a fronte stabile:** se il fronte di scavo è stabile, lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico, ed i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile, mantenendosi prevalentemente in campo elastico, e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta. Il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.
- **Categoria B: Galleria a fronte stabile a breve termine:** questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera la resistenza meccanica del materiale al fronte, che non ha più un comportamento di tipo elastico, ma rientra nell'ambito di un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con la conseguente redistribuzione delle tensioni risultano più accentuati che nel caso precedente, e producono nell'ammasso al fronte una decompressione che porta al superamento della

resistenza caratteristica del materiale. Questa decompressione può essere opportunamente controllata e 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, che manterrà un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano opportuni interventi, lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni di instabilità del cavo durante le fasi realizzative. Anche in questo caso, il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza per il comportamento a lungo termine.

- Categoria C: Galleria a fronte instabile: l'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un'accendersi dei fenomeni deformativi in campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti, manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Tali deformazioni producono una decompressione significativa dell'ammasso al fronte, e portano ad un progressivo e rapido decadimento delle caratteristiche geomeccaniche del materiale. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento, che consentano di creare artificialmente l'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

Per la determinazione delle categorie di comportamento, occorre prendere in esame le seguenti caratteristiche:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento.

In realtà la soluzione tecnologica costruttiva di scavo meccanizzato prevede l'utilizzo di TBM-EPB scudata a piena sezione (Tunnel Boring Machine) che è capace di stabilizzare il fronte di scavo mediante l'applicazione di una pressione al fronte. Immediatamente dopo lo scavo, via via che la macchina avanza, sono installati gli anelli in calcestruzzo armato che costituiscono il rivestimento interno di galleria, che avrà funzione sia di supporto di prima fase che di struttura definitiva. Il vuoto anulare esistente tra il rivestimento ed il terreno verrà riempito attraverso un'iniezione a pressione di malta cementizia realizzata attraverso lo scudo della TBM.

La condizione di confinamento continuo e quindi di stabilità saranno sempre garantite, ove non garantite già in condizioni intrinseche, in quanto:

- il fronte sarà stabilizzato direttamente dalla macchina di scavo mediante l'applicazione di una pressione;
- il cavo sarà sempre sostenuto prima dallo scudo della TBM e poi dal rivestimento in conci prefabbricati con l'interposizione di una malta cementizia posata a pressione.

Lo studio delle condizioni di stabilità del fronte di scavo risulta molto complesso, data la natura prettamente tridimensionale del problema. Nella letteratura tecnica sono riportati numerosi metodi semplificati, basati sui metodi dell'analisi limite e dell'equilibrio limite, che consentono, grazie a diverse ipotesi semplificative, di ottenere soluzioni in forma chiusa del problema.

Nel caso in esame le analisi di stabilità del fronte di scavo sono state condotte utilizzando i seguenti metodi: (1) Anagnostou e Kovari (1996); (2) Leca & Dormieux (1990); C.O.B. (1996). In corrispondenza del piano dei centri delle gallerie sono state valutate inoltre le tensioni orizzontali in condizioni di spinta a riposo, spinta attiva, spinta

passiva e la sollecitazione orizzontale totale al fronte mediante la formula empirica dalla Normativa olandese COB (1996).

6.2. Verifiche in condizioni di esercizio

Sono state definite le caratteristiche delle analisi effettuate al fine di definire il comportamento allo scavo del rivestimento in conci prefabbricati.

In generale, le analisi condotte permettono di definire in maniera completa l'interazione terreno struttura relativamente alle varie condizioni prese in esame. Ai fini della verifica statica, la condizione maggiormente conservativa è rappresentata da una tipologia di simulazione che prevede l'immediata sostituzione del terreno scavato con il rivestimento della galleria, in modo che tutto il carico gravi sulla struttura.

In ragione della metodologia utilizzata, le risultanze ottenute risulteranno valide per la sola componente del rivestimento della galleria, e non, ad esempio le deformazioni del terreno in superficie.

Le condizioni maggiormente rappresentative risultano definite come segue:

- condizioni di scavo a bassa profondità, nell'ambito dei materiali del Gruppo 2
- condizioni di scavo a profondità massima, nell'ambito dei materiali del Gruppo 3
- condizioni di scavo a profondità intermedia, nell'ambito dei materiali del Gruppo 5 con il massimo battente d'acqua.

E' stato sviluppato un modello numerico di tipo bidimensionale in condizioni di deformazione piana, attraverso il Metodo degli Elementi Finiti, tramite il quale è possibile determinare il valore puntuale delle tensioni totali nel terreno, delle pressioni neutre ed il relativo valore delle tensioni efficaci

Le analisi numeriche sono state condotte impiegando modelli piani ad elementi finiti, utilizzando il software RS2 9.028 (Rocscience, 2008). Tale programma è un software agli elementi finiti, prodotto dalla Rocscience Inc. con sede a Toronto in Ontario (Canada). Il codice di calcolo permette di studiare problemi riguardanti gallerie, miniere o scavi generici, in campo bidimensionale o assialsimmetrico. I modelli di resistenza dei geomateriali coprono sia il campo elastico sia il campo plastico e permettono lo studio del comportamento tenso-deformativo, anche in presenza di falda, del terreno e delle opere geotecniche di sostegno quali i rivestimenti delle gallerie. La simulazione dell'interazione terreno struttura è possibile tramite la definizione di elementi di interfaccia a cui si possono assegnare i competenti parametri meccanici.

6.3. Verifiche in fase di scavo

L'analisi del comportamento tenso-deformativo del sistema opera-terreno è stata condotta tramite il codice di calcolo RS2 con modelli bidimensionali. L'influenza della posizione relativa fronte-sezione di calcolo è stata simulata mediante l'applicazione di pressioni interne di confinamento progressivamente decrescenti che tengono in conto la natura tridimensionale del fenomeno di rilascio tensionale.

Le analisi tenso-deformative sono state condotte con riferimento al contesto idrogeologico e geomeccanico della galleria. Si sono analizzate nel complesso n. 14 sezioni di calcolo comprese tra le progressive Pk 116+500.000 e Pk 120+620.000, comprendenti il sottoattraversamento dell'autostrada A4 Torino-Trieste e quello di alcuni fabbricati nel territorio di Lonato del Garda.

Tali sezioni sono rappresentative di situazioni reali con differenti coperture dello scavo e maggiormente critiche in termini di deformazioni indotte e danni sulle preesistenze. Le sezioni di calcolo analizzate sono indicate nella Figura 6.1 mentre la Tabella 6.3.1 riporta la descrizione sintetica delle principali caratteristiche delle stesse.

Tabella 6.3.1- Sezioni di calcolo e relative principali grandezze geometriche.

ID SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	COPERTURA [m]		QUOTA FALDA [m]
		GALLERIA SX	GALLERIA DX	
1	116+500.000	12.68	12.36	137.20
2	116+600.000	12.89	15.98	136.95
3	116+770.000	15.78	13.83	136.40
4	116+950.000	13.63	12.84	136.10
5	117+200.000	16.90	16.95	137.65
6	118+140.000	61.23	58.68	131.80
7	118+400.000	56.92	62.46	139.80
8	118+800.000	44.04	49.63	164.90
9	119+290.000	25.63	28.45	143.20
10	119+460.000	17.54	16.51	133.45
11	119+610.000	17.61		125.15
12	119+750.000	17.97		118.70
13	120+180.000	20.09		126.55
14	120+620.000	24.57	23.42	113.50

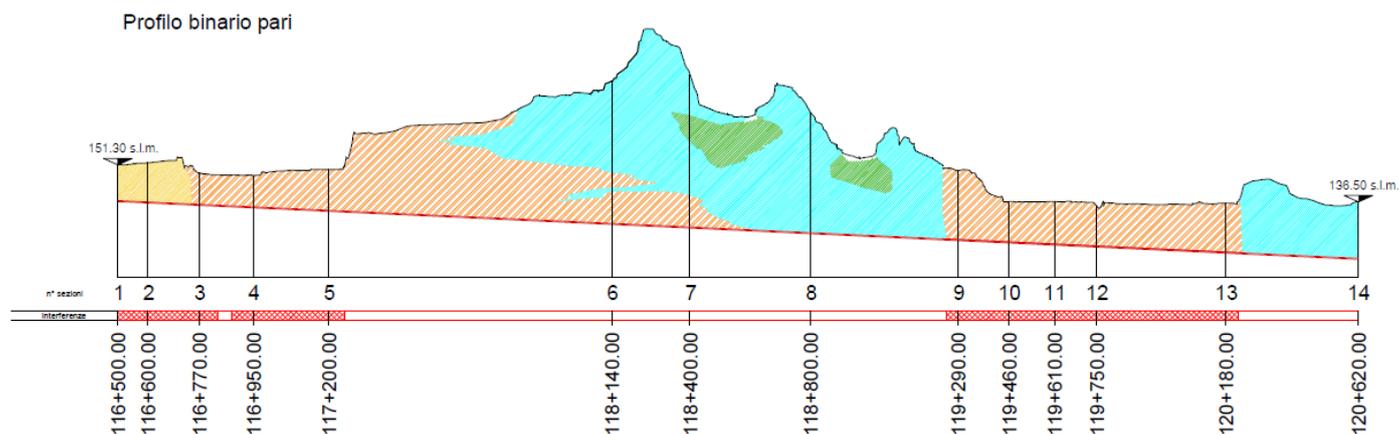


Figura 6.1 - Profilo longitudinale con indicazione delle sezioni di calcolo.

Le analisi numeriche sono state condotte con simulazione dell'avanzamento del fronte di scavo attraverso l'applicazione e la successiva riduzione di una pressione interna, sul contorno del cavo, proporzionale allo stato di sforzo geostatico e al grado di rilascio tensionale. La percentuale di scarico tensionale da applicare ai modelli delle diverse sezioni considerate è stata ottenuta mediante analisi assialsimmetriche con RS2 e le curve caratteristiche, per le sezioni 6 e 11, considerate rappresentative delle sezioni più profonde e di quelle più superficiali rispettivamente. Per la modellazione dell'avanzamento dello scavo è stata considerata inoltre l'applicazione delle pressioni al fronte.

6.4. Verifiche dell'anello in conci prefabbricati

Durante la Progettazione Esecutiva sono state effettuate le verifiche sui conci prefabbricati in c.a. riguardano le seguenti fasi transitorie di costruzione, trasporto e montaggio:

- rimozione dei casseri;
- prima movimentazione;
- stoccaggio dalla scasseratura alla completa maturazione;
- stoccaggio in cantiere (alla completa maturazione);
- montaggio (verifica al sollevamento del concio dall'erettore);
- spinta dei martinetti (verifica della pressione di contatto sotto le scarpe dei martinetti di spinta – verifica delle trazioni indotte nel calcestruzzo per effetto della pressione applicata dai martinetti di spinta).

I conci, realizzati in stabilimento, vengono estratti dai casseri mediante l'apertura degli stessi, sollevati e trasportati all'area di stoccaggio.

Si assume che tali operazioni vengano effettuate quando il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza caratteristica $R_{ck} \geq 15$ MPa (C12/15).

Dopo un adeguato periodo di stoccaggio, allorché il calcestruzzo ha raggiunto la resistenza caratteristica richiesta ($R_{ck} \geq 45$ MPa, classe C35/45), si procede al trasporto in cantiere.

La posa in opera avviene tramite apposito meccanismo erettore, disposto immediatamente a tergo del dispositivo di scavo.

Le verifiche vengono eseguite considerando le condizioni statiche più gravose

6.5. Interventi di consolidamento a salvaguardia degli edifici

All'interno del bacino di subsidenza teorico generato dallo scavo meccanizzato delle gallerie, sono stati rilevati 52 edifici nelle zone per lo più rurali ove si inserisce il tracciato di progetto.

Le caratteristiche di bassa copertura di lunghi tratti della galleria, oltre alla natura dei terreni, ha prodotto una valutazione del potenziale danno sugli edifici che ha evidenziato un certo numero di fabbricati potenzialmente interessati da classi di danno superiori alla classe 2, per i quali è previsto di effettuare interventi di salvaguardia.

A questo scopo sono stati definiti una serie di interventi passivi di trattamento del terreno sottostante gli edifici, che potessero consentire di migliorare preventivamente le caratteristiche meccaniche dei terreni.

La particolare morfologia del terreno, e la posizione delle pre-esistenze, ha consigliato in gran parte l'impiego della tecnologia delle perforazioni teleguidate (HDD), che garantiscono la possibilità di intervenire da una trincea superficiale posta in posizione laterale rispetto all'area da consolidare.

Sono state previste 8 zone di intervento per il consolidamento a salvaguardia di altrettanti gruppi di edifici dell'attraversamento dell'autostrada A4, posto all'inizio del tratto in naturale.

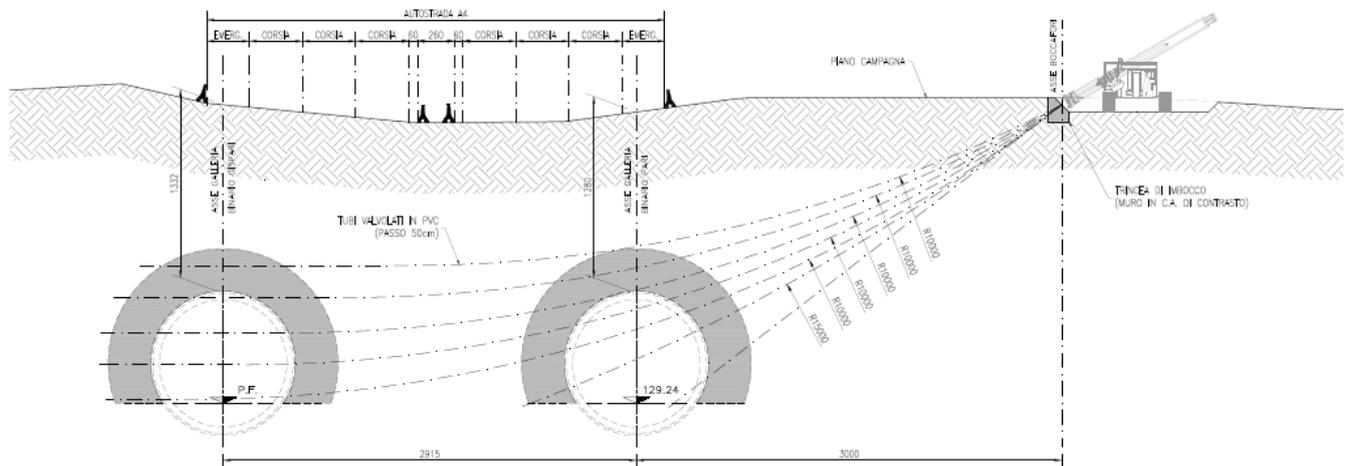


Figura 6.2: Esempio di intervento di consolidamento con perforazioni teleguidate (HDD)

Nella zona dell'attraversamento autostradale sono stati previsti anche due zone di intervento più limitate con iniezioni di consolidamento verticali eseguite direttamente dal piano campagna.

Per la progettazione esecutiva sono stati valutati due scenari per diversi valori di V_p , che possono ritenersi riconducibili allo scavo meccanizzato all'interno dei terreni non consolidati e dopo consolidamento avvenuto. In particolare:

- lo scenario $V_p = 1\%$ è riconducibile all'ipotesi di scavo in assenza di interventi di consolidamento preventivo a salvaguardia degli edifici e dell'autostrada;
- lo scenario $V_p = 0,4\%$ è riconducibile all'ipotesi di scavo ad avvenuti interventi di consolidamento preventivo a salvaguardia degli edifici e dell'autostrada.

L'effetto delle mutate caratteristiche meccaniche del terreno ad avvenuto consolidamento, è stato modellato dando valori diversi del parametro k di definizione di forma del bacino di subsidenza.

6.6. Impermeabilizzazione e rivestimento definitivo

L'utilizzo dello scavo meccanizzato comporta l'adozione di un sistema di impermeabilizzazione integrato direttamente nei conci in c.a.

6.7. Nicchie tecnologiche

Data la lunghezza totale della galleria sono presenti numerose tipologie di nicchie ad uso tecnologico, distribuite ad interassi variabili lungo l'opera. In particolare, rimandando agli elaborati delle sezioni impiantistiche per i dettagli tecnologici, la distribuzione delle nicchie prevede:

- N°15 nicchie NLF+HP+FG per ciascun lato, con interasse variabile.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002

Rev.
A

Foglio
28 di 37

- N°8 nicchie TT e/o BTS/TT per ciascun lato posizionate in accordo al progetto di copertura radio GSM (tecnologia Terra-Treno),;
- N°11 nicchie ST, in lato binario pari;
- N°2 nicchie LD-AN, in lato binario pari, poste in prossimità degli imbocchi.

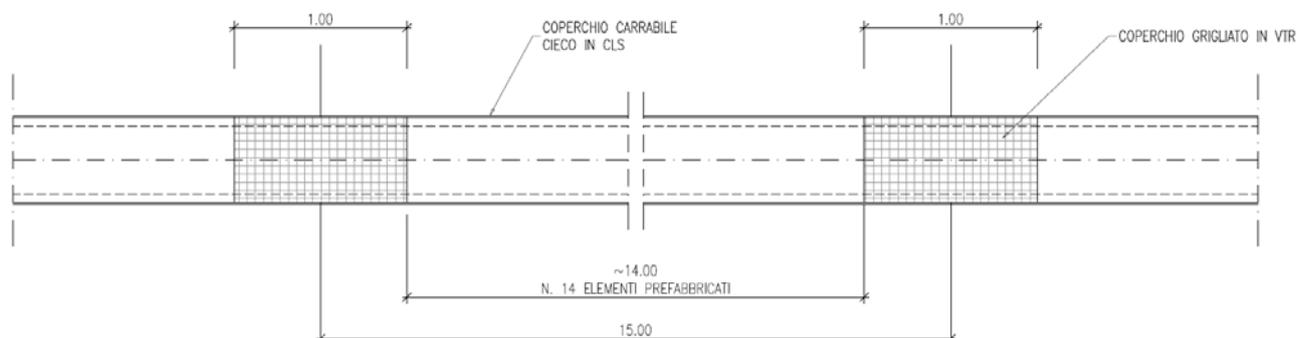


Figura 7-2: Galleria Lonato – Dettaglio del grigliato in vetroresina in corrispondenza della canaletta di smaltimento acque nel tratto in galleria naturale.

In prossimità delle griglie sono anche posti dei pozzetti d'ispezione e di nodo per la confluenza del drenaggio dei marciapiedi, mentre il drenaggio delle acque di calotta verrà gestito in modo indipendente, essendo la galleria sotto falda.

La confluenza del drenaggio di marciapiede avviene con passo rispettivamente di 30 m, anche se i pozzetti vengono posizionati ogni 15 m in accordo con il MdP RFI 2016.

Di qui l'acqua viene portata sino agli imbocchi dove saranno posizionate vasche destinate alla laminazione.

La sezione tipo della galleria prevede una condotta per l'impianto idrico antincendio posizionata al di sotto del marciapiede. Qui trovano sede anche i cavi per l'alta e la bassa tensione.

8. MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio da prevedere per la realizzazione della galleria Lonato è strutturato per controllare il comportamento dell'ammasso negli scavi in sotterraneo ed all'aperto e per la misura degli spostamenti sulle pre-esistenze.

Gli aspetti che hanno condizionato la predisposizione del piano di monitoraggio sono:

- gli obiettivi individuati;
- la definizione delle sezioni strumentate e delle stazioni di misura;
- la precisione strumentale definita e la definizione dei tempi di lettura;
- i tempi relativi alla restituzione dei dati;
- i costi.

8.1. Definizione del sistema di monitoraggio

Il piano delle misure del sistema di monitoraggio da prevedere per la costruzione della galleria Lonato è costituito da:

- Misure di convergenza in galleria con sistema ottico.
- Misura della tensione nelle barre d'armatura con estensimetri a corda vibrante.
- Monitoraggio parametri macchina della TBM.
- Misure di deformazione verticale ed orizzontale dei terreni in profondità con estensimetri a barre ed estenso-inclinometri.
- Misura dei cedimenti del terreno indotti dallo scavo in sotterraneo, ogni venti metri in asse alla galleria e attraverso sezioni trasversali all'asse con capisaldi topografici.
- Misure della falda con piezometri a tubo aperto.
- Controlli topografici delle paratie agli imbocchi con mire ottiche.
- Controllo del tiro nei tiranti sulle paratie con celle di carico.
- Misure inclinometriche a tergo delle paratie agli imbocchi.
- Misure piezometriche a tergo delle paratie agli imbocchi con piezometri a tubo aperto.
- Misure dalla superficie degli spostamenti tridimensionali sulla sede autostradale (guard-rail centrale e banchine laterali) con mire ottiche.
- Misure con inclinometri orizzontali delle deformazioni della piattaforma autostradale.
- Misura dei cedimenti sugli edifici interferenti con capisaldi topografici da livellazione e con mire ottiche.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002

Rev.
A

Foglio
32 di 37

8.2. Fasi di controllo e misura

A priori vengono distinte due fasi di controllo e misura:

- Monitoraggio in corso d'opera
- Monitoraggio in fase d'esercizio (eventuale)

9. DOTAZIONI IMPIANTISTICHE E SICUREZZA IN GALLERIA

Dal punto di vista della sicurezza in galleria, la lunghezza del sistema complessivo delle Gallerie Artificiali e Naturale, che risulta ben superiore ai 1000 m, ha comportato la necessità di prevedere alcune dotazioni quali by-pass di collegamento tra le due canne e nicchie come descritto nel seguente paragrafo.

9.1. By pass e nicchie

Lungo la galleria naturale sono previsti 10 by-pass di sicurezza per il collegamento fra le due canne, posizionati ogni 500 m, ed un ulteriore by-pass nel quale è prevista l'installazione di una cabina MT. Nella seguente tabella sono riepilogate le progressive di ubicazione dei by pass.

Tabella 9.1 – Ubicazione by pass.

N° by-pass	Progressiva chilometrica (binario pari)
3	116+160
4	116+660
5	117+160
6	117+660
7	118+160
cabina MT	118+425
8	118+660
9	119+160
10	119+660
11	120+160
12	120+660

L'esecuzione dei by-pass è prevista in tradizionale con scavo a piena sezione secondo l'approccio progettuale ADECO-RS. Si prevede di scavare i by-pass eseguendo dei consolidamenti per impermeabilizzare e consolidare la zona di terreno a tergo degli anelli. Da una delle due canne verranno realizzate mediante tubi valvolati in vetroresina delle iniezioni lungo tutto il perimetro di scavo e all'interno del volume scavato. Realizzate queste, si procederà a montare il telaio di sostegno dei conci e successivamente a demolire i conci secondo le geometrie riportate negli elaborati grafici. In seguito all'avanzamento dello scavo, verrà realizzato il getto dei rivestimenti definitivi in tre fasi come riportato negli elaborati grafici.

Considerata che la quasi totalità dei by-pass lungo tutta la tratta della linea sarà realizzata in terreni con un contenuto maggiore di frazione a grana grossa e comportamento incoerente del materiale si è definito l'applicazione di una sola sezione tipo.

Viste le condizioni idrauliche al contorno per limitare le venute d'acqua al fronte si prevedono trattamenti (da realizzare prima dello scavo dall'interno della galleria) al contorno dello scavo per ridurre la permeabilità e migliorare la resistenza con tubi in VTR (2vlv/m) iniettati con miscele cementizie.

Per il consolidamento del fronte sono previste da 36 iniezioni di miscele cementizie mediante tubi in VTR $\phi 60/40$. Per poter sigillare il fronte da possibili distacchi di materiale sciolto localmente e dove necessario può venir eseguito sul fronte d'avanzamento uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato dello spessore di circa 10 cm ogni sfondo. È previsto l'avanzamento a piena sezione con sfondi da 1.0 m.

Il consolidamento al contorno è realizzato mediante 27 iniezioni di miscele cementizie mediante tubi in VTR $\phi 60/40$.

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002

Rev.
A

Foglio
34 di 37

Lo scavo dei by-pass prevede un sostegno di prima fase costituito da 2 IPN180/1.0 metro e calcestruzzo fibrorinforzato proiettato dello spessore di 25 cm.

Il rivestimento definitivo in calcestruzzo armato ha spessore di 0.8 m in calotta e di 0.90 m in corrispondenza dell'arco rovescio. Nei tratti di innesto con le gallerie di linea lo spessore del rivestimento in calotta è maggiorato a 1 m, come riportato negli elaborati grafici. Nelle figure che seguono sono riportati gli interventi di consolidamento e la carpenteria della sezione tipo di by-pass.

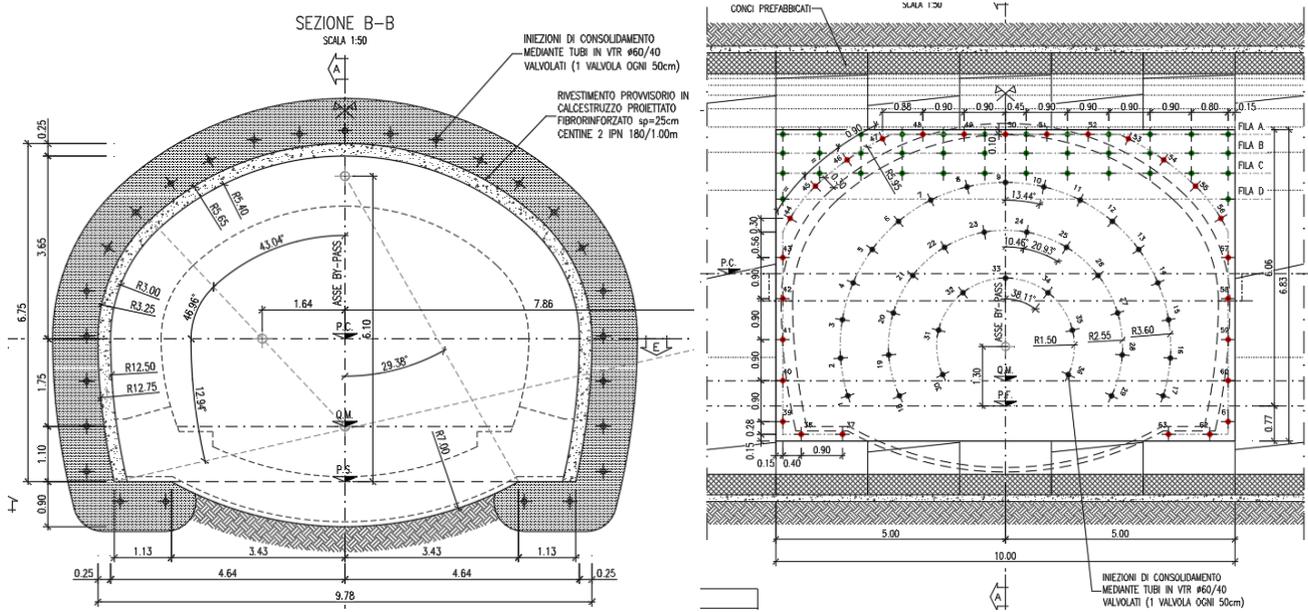


Figura 9.1: By pass - Interventi di consolidamento e sostegno di prima fase.

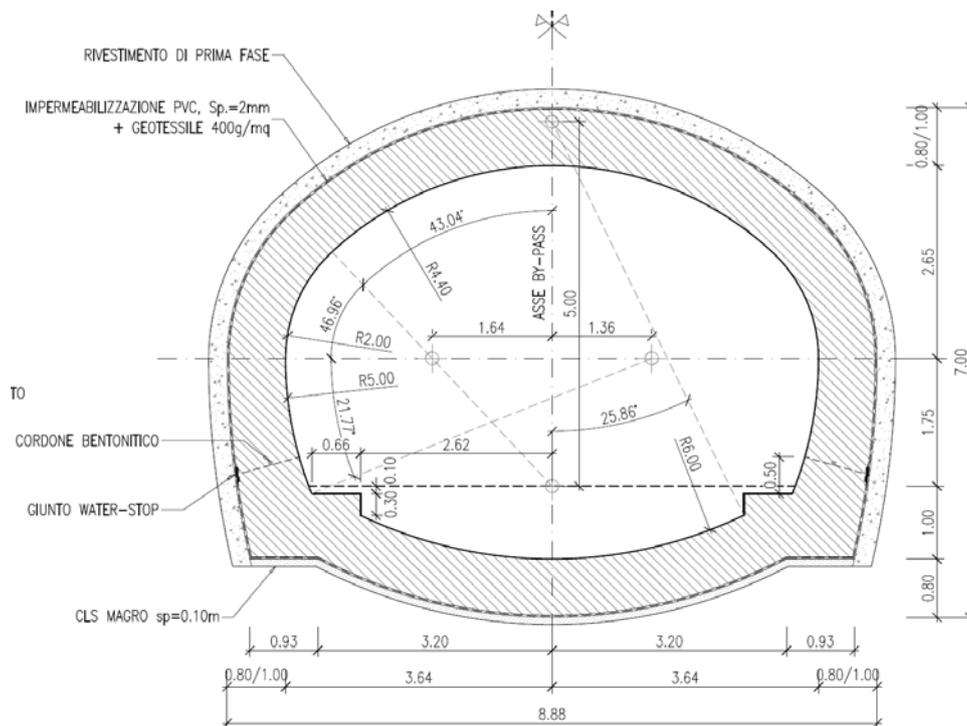


Figura 9.2: By pass - Carpenteria rivestimento definitivo.

9.2. Impianti

Per quanto riguarda le parti impiantistiche si rimanda per ogni dettaglio alle relazioni generali e di calcolo delle sezioni dedicate delle tecnologie, LFM, antincendio, ventilazione e controllo fumi, videosorveglianza e controllo accessi, SPVI (sistema di supervisione integrata).

L'impianto idrico-antincendio all'interno della galleria è stato stralciato dal progetto, in accordo a quanto prescritto dal Manuale di Progettazione. Sono invece confermati i presidi antincendio quali estintori, porte tagliafuoco, cartellonistica di sicurezza, La dotazione idrica-anti-incendio è prevista solo nei 2 punti antincendio descritti in precedenza, dove è previsto che il treno si fermi in uscita dalla galleria, in caso di evento incidentale. Le dotazioni saranno collegate con la vasca di pompaggio posta in corrispondenza dei piazzali di emergenza adiacenti agli imbocchi.

All'interno della galleria; gli impianti di ventilazione sono limitati alla pressurizzazione delle zone-filtro, corrispondenti ai by-pass.

E' previsto un sistema di ventilazione forzata in caso di incendio in corrispondenza dei camini di disconnessione fumi posti nel tratto in artificiale lato Milano.

9.3. Sicurezza in galleria: esercizio normale e in caso di incendio

In termini generali rispetto alle precedenti fasi progettuali, il sistema di sicurezza è stato adeguato rispetto agli strumenti normativi più recenti in fatto di sicurezza in galleria, applicando le prescrizioni delle STI 2014, e del DM 28 ottobre 2005, nonché del Manuale di Progettazione Italferr.

Nel caso specifico essendo la galleria complessiva (comprensiva dei tratti in artificiale) di lunghezza superiore ai 1000 m, sono previsti by-pass intermedi, collegati all'altra canna, che consentiranno l'esodo dei passeggeri in caso di evento incidentale.

Tali by - pass sono ubicati come descritto nel precedente capitolo, in modo da garantire sempre una inter-distanza tra le uscite stesse, o con i portali di imbocco, non superiori ai 500 m, in modo che qualsiasi punto all'interno della galleria, non risulti mai avere un percorso di esodo superiore ai 250 m.

In generale, il concetto di sicurezza della galleria è completato da:

- l'illuminazione d'emergenza che consente di evacuare le persone lungo i marciapiedi laterali e le vie di esodo. Questo sistema ha lo scopo di garantire una fuga all'esterno della galleria, possibilmente ordinata. Le vie di fuga saranno collegate ad aree di soccorso al di fuori della galleria artificiale, in posizione tale da essere raggiunte il più velocemente possibile dai mezzi di soccorso;
- cartellonistica di sicurezza.

L'utilizzo di adeguati materiali per garantire un idoneo livello di sicurezza della funzione portante anche in caso di incendio.

9.4. Resistenza al fuoco

L'importanza socioeconomica di una galleria ferroviaria, impone che, anche a seguito di un incendio, debba essere mantenuto un idoneo livello di sicurezza della funzione portante del rivestimento definitivo per limitare il

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GN 020 0 002

Rev.
A

Foglio
37 di 37

danneggiamento; allo scopo sono state eseguite le verifiche di resistenza al fuoco riportate nelle relazioni di calcolo delle singole parti d'opera.