

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 SAN GIORGIO IN SALICI (GN04)

Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24

### Relazione generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. T. Taranta)</i> Data: _____	Valido per costruzione 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 4 0 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	REGE	13/11/18	<i>MEZZINI</i>	13/11/18	13/11/18	
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROGN0400002A.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA s.r.l.

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 .....	9
4.2.	TRACCIATO DELL'OPERA .....	9
4.3.	GALLERIA NATURALE.....	10
4.4.	IMBOCCHI .....	12
4.5.	VINCOLI PROGETTUALI E CONDIZIONI AL CONTORNO PARTICOLARI.....	13
4.6.	USCITE DI EMERGENZA.....	13
4.7.	PIAZZALI DI EMERGENZA ED AREA TECNOLOGICA .....	15
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	17
5.1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO.....	17
5.2.	DESCRIZIONE UNITÀ LITOLOGICHE .....	18
5.3.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	18
6.	SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE.....	19
6.1.	SEZIONI DI SCAVO .....	20
6.1.1.	Sezione tipo CIA.....	21
6.1.2.	Sezione tipo CIA-rid.....	22
6.1.3.	Sezione tipo CIB.....	23
6.1.4.	Sezione tipo CIB-rid.....	24
6.1.5.	Sezione tipo CIBbis.....	25
6.2.	IMPERMEABILIZZAZIONE E RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....	25
6.3.	NICCHIE TECNOLOGICHE.....	26
7.	IDRAULICA .....	27

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 RO GN 040 0 002	Rev. A	Foglio 3 di 35
7.1.	SMALTIMENTO ACQUE INTERNE DI PIATTAFORMA .....				27
7.2.	REGIMAZIONE DELLE ACQUE ESTERNE.....				30
8.	CEDIMENTI INDOTTI E MONITORAGGIO.....				31
8.1.	DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....				31
8.2.	FASI DI CONTROLLO E MISURA .....				32
8.3.	VALORI ATTESI DELLE MISURE E AZIONI CORRETTIVE.....				32
8.4.	EFFETTI INDOTTI DALLO SCAVO DELLA GALLERIA .....				32
9.	DOTAZIONI IMPIANTISTICHE E SICUREZZA IN GALLERIA .....				33
9.1.	IMPIANTI.....				33
9.2.	SICUREZZA IN GALLERIA: ESERCIZIO NORMALE E IN CASO DI INCENDIO.....				33
9.3.	RESISTENZA AL FUOCO .....				33
10.	CANTIERIZZAZIONE .....				34
10.1.	AREE DI CANTIERE .....				34
10.2.	SMARINO .....				34
10.3.	IMPIANTO DI VENTILAZIONE .....				34
10.4.	IMPIANTO DI AGGOTTAMENTO ACQUE .....				34

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN0R

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002

Rev.  
A

Foglio  
4 di 35

## 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Alta Velocità / Alta Capacità Milano-Verona la galleria San Giorgio in Salici è suddivisa in tre opere distinte (WBS):

- SAN GIORGIO IN SALICI OVEST, corrispondente ad una galleria artificiale monocanna, a doppio binario, con sezione policentrica (GA16);
- SAN GIORGIO IN SALICI, corrispondente ad una galleria naturale monocanna, a doppio binario (GN04);
- SAN GIORGIO IN SALICI EST, corrispondente ad una galleria artificiale a sezione policentrica (GA17).

Il presente documento riguarda la galleria naturale San Giorgio in Salici, corrispondente alla WBS GN04. In questo tratto la linea ferroviaria, a doppio binario, è caratterizzata da una velocità di progetto di 300 km/h e da un interasse dei binari di 4.50 m.

La Galleria San Giorgio in Salici è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato, posto nel Comune di Sona, in provincia di Verona tra le località di Castelnuovo del Garda e Sommacampagna; il tracciato ferroviario interferisce nel suo primo tratto (nel verso delle progressive crescenti) con l'Autostrada A4 Milano – Venezia, per poi svilupparsi leggermente a Nord della stessa.

La sezione libera interna risulta di circa 89 m<sup>2</sup>; la sezione di scavo, ad esclusione dei fuori scavo, risulta variabile tra 142,00 m<sup>2</sup> e 167.50 m<sup>2</sup>, in funzione dei rivestimenti di prima fase e definitivi.

La sezione interna di galleria prevede un raggio in calotta di 6,0 m; in calotta si prevede un piano teorico di contatto pari a 5.30 m.

Dal punto di vista geologico la galleria attraversa tratte costituite prevalentemente da depositi glaciali e/o fluvioglaciali, materiali aventi litologia prevalente di limi-sabbiosi e ghiaie-limose, le cui caratteristiche meccaniche sono riportate nella Relazione Geotecnica.

Vengono fornite nei capitoli successivi le descrizioni delle parti d'opera costituenti la galleria, oltre ad un inquadramento generale delle problematiche geologico-geotecniche, idrauliche, e delle modalità di scavo previste, rimandando alle singole relazioni specialistiche per i dettagli di calcolo.

## 2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GN04, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante.

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	P	5	GN	04	0	0	001	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Planimetria indagini geognostiche
INOR	11	E	E2	Z	5	GN	04	0	0	002	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Modello idrogeologico - Sezione longitudinale
INOR	11	E	E2	R	B	GN	04	0	0	001	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Relazione geotecnica
INOR	11	E	E2	R	I	GN	04	0	0	001	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Condizioni idrogeologiche e sistema di abbassamento della falda
INOR	11	E	E2	R	I	GN	04	0	0	002	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Relazione idraulica per lo smaltimento delle acque meteoriche
INOR	11	E	E2	P	6	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Planimetria di inquadramento con ubicazione nicchie e uscite di sicurezza
INOR	11	E	E2	F	6	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Profilo longitudinale
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali tav. 1/2
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali tav. 2/2
INOR	11	E	E2	W	Z	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo galleria corrente e tipologici nicchie
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	4	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio - Particolari costruttivi
INOR	11	E	E2	P	9	GN	04	0	0	001	GALLERIA SAN GIORGIO IN SALICI (GA16 - GI08 - GN04 - GI09 - GA17) - Da Pk 140+181.85 a Pk 143+575.33 - Planimetria opere di drenaggio acque di piattaforma
INOR	11	E	E2	4	T	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Tabella materiali
INOR	11	E	E2	R	O	GN	04	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Relazione generale
INOR	11	E	E2	C	L	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Relazione di calcolo dei sostegni e dei rivestimenti
INOR	11	E	E2	C	L	GN	04	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Relazione di calcolo dei sostegni e dei rivestimenti - allegati numerici
INOR	11	E	E2	R	O	GN	04	0	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Relazione di monitoraggio
INOR	11	E	E2	R	O	GN	04	0	0	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo
INOR	11	E	E2	S	R	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Analisi di rischio estesa
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	1	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1A - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1A - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1A - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1A - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	1	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1B - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1B - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1B - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1B - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	1	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Arid - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Arid - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	005	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Arid - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	006	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Arid - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	1	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Brid - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	0	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Brid - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	007	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Brid - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	008	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Brid - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	1	005	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Tratta di avanzamento in assenza di traffico - Sezione tipo C1Bbis - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	0	0	005	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Bbis - Carpenteria centina e dettagli costruttivi

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002Rev.  
AFoglio  
6 di 35

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	009	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Bbis - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	GN	04	0	5	010	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo C1Bbis - Armatura
INOR	11	E	E2	F	6	GN	04	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio
INOR	11	E	E2	P	8	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Piano di monitoraggio
INOR	11	E	E2	W	B	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni tipo di monitoraggio in galleria
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	A	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Monitoraggio esterno - Sezioni e particolari tav. 1/2
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	A	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Monitoraggio esterno - Sezioni e particolari tav. 2/2
INOR	11	E	E2	P	8	GN	04	A	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Monitoraggio in corrispondenza del sottoattraversamento autostrada A4
INOR	11	E	E2	L	5	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Plano-profilo infrastruttura esistente su foto aerea con dati di tracciamento
INOR	11	E	E2	P	5	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Planimetria di progetto su foto aerea con dati di tracciamento
INOR	11	E	E2	L	7	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Planimetria e profilo di progetto su cartografia
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.1
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.2
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.3
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.4
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	005	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.5
INOR	11	E	E2	W	9	GN	04	A	0	006	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni trasversali ampliamento provvisorio - Tav.6
INOR	11	E	E2	P	7	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Fasi esecutive realizzazione sottoattraversamento A4 - Tav.1
INOR	11	E	E2	P	7	GN	04	A	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Fasi esecutive realizzazione sottoattraversamento A4 - Tav.2
INOR	11	E	E2	W	A	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezioni tipologiche ampliamento provvisorio
INOR	11	E	E2	B	Z	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Dettagli costruttivi ampliamento provvisorio
INOR	11	E	E2	P	6	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Planimetria barriere e segnaletica
INOR	11	E	E2	R	O	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Relazione descrittiva opere stradali
INOR	11	E	E2	L	8	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Intervento di consolidamento in jet - grouting - planimetria e profilo longitudinale
INOR	11	E	E2	W	Z	GN	04	A	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Intervento di consolidamento in jet - grouting - sezioni trasversali
INOR	11	E	E2	B	X	GN	04	0	8	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI (GN04) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - COLLEGAMENTI EQUIPOTENZIALI MASSE METALLICHE
INOR	11	E	E2	P	6	CM	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Planimetria di inquadramento con ubicazione nicchie e uscite di sicurezza
INOR	11	E	E2	W	Z	CM	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Sezione tipo galleria corrente e tipologici nicchie
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie NLF + HP + FG - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	02	0	0	001	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie NLF + HP + FG - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie NLF + HP + FG - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie NLF + HP + FG - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	004	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie TT - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	02	0	0	002	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie TT - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	005	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie TT - Carpenteria rivestimento definitivo
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	006	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie TT - Armatura
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	007	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie ST - Scavo e consolidamento
INOR	11	E	E2	B	Z	CM	02	0	0	003	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie ST - Carpenteria centina e dettagli costruttivi
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	008	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie ST - Carpenteria rivestimento definitivo

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



**ITALFERR**

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002

Rev.  
A

Foglio  
7 di 35

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	B	B	CM	02	0	0	009	GALLERIA NATURALE SAN GIORGIO IN SALICI NICCHIE (CM02) - Da Pk 140+502.85 a Pk 141+930.24 - Nicchie ST - Armatura

### 3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

#### 3.1. Normative

- 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

La galleria San Giorgio in Salici interessa la nuova linea A.C. nel lotto Verona – Brescia, tra le progressive 140+181.85 e 143+575.24, per uno sviluppo complessivo pari a 3393.39 m.

La parte centrale dell'opera, compresa tra le progressive 140+502.85 e 141+930.24, per uno sviluppo complessivo di 1427.39 m, verrà realizzato a foro cieco, con scavo convenzionale, e con sezione tipo mono-canna a doppio binario.

Il tratto di galleria naturale sarà realizzato al di sotto di un'area caratterizzata da quote comprese tra 125 e 137 m s.l.m. che daranno luogo a coperture limitate ad un minimo di 7 m, nel primo tratto, al di sotto dell'Autostrada A4, fino ad un massimo di circa 20 m poco prima dell'imbocco lato Verona.

Il tracciato si sviluppa in un tratto curvilineo su tutta la galleria, con una pendenza longitudinale molto bassa, pari del 0,023 % verso l'imbocco lato Milano.



**Figura 4.1: Galleria naturale San Giorgio in Salici – Vista del tracciato della Autostrada A4, nel tratto interferito dalla futura Galleria Naturale (sullo sfondo il cavalcavia via Segradi).**

##### 4.2. Tracciato dell'opera

Il progetto della galleria S. Giorgio in Salici prevede la realizzazione di una canna in naturale della lunghezza di 1427.39 metri e presenta un tratto più breve (321 m) in artificiale prima dell'imbocco lato Milano della galleria naturale mentre, a partire dall'imbocco della galleria naturale lato Verona si ha una galleria artificiale di maggiore lunghezza (1645 m) sottopassando una zona pianeggiante di notevole estensione con un modesto ricoprimento.

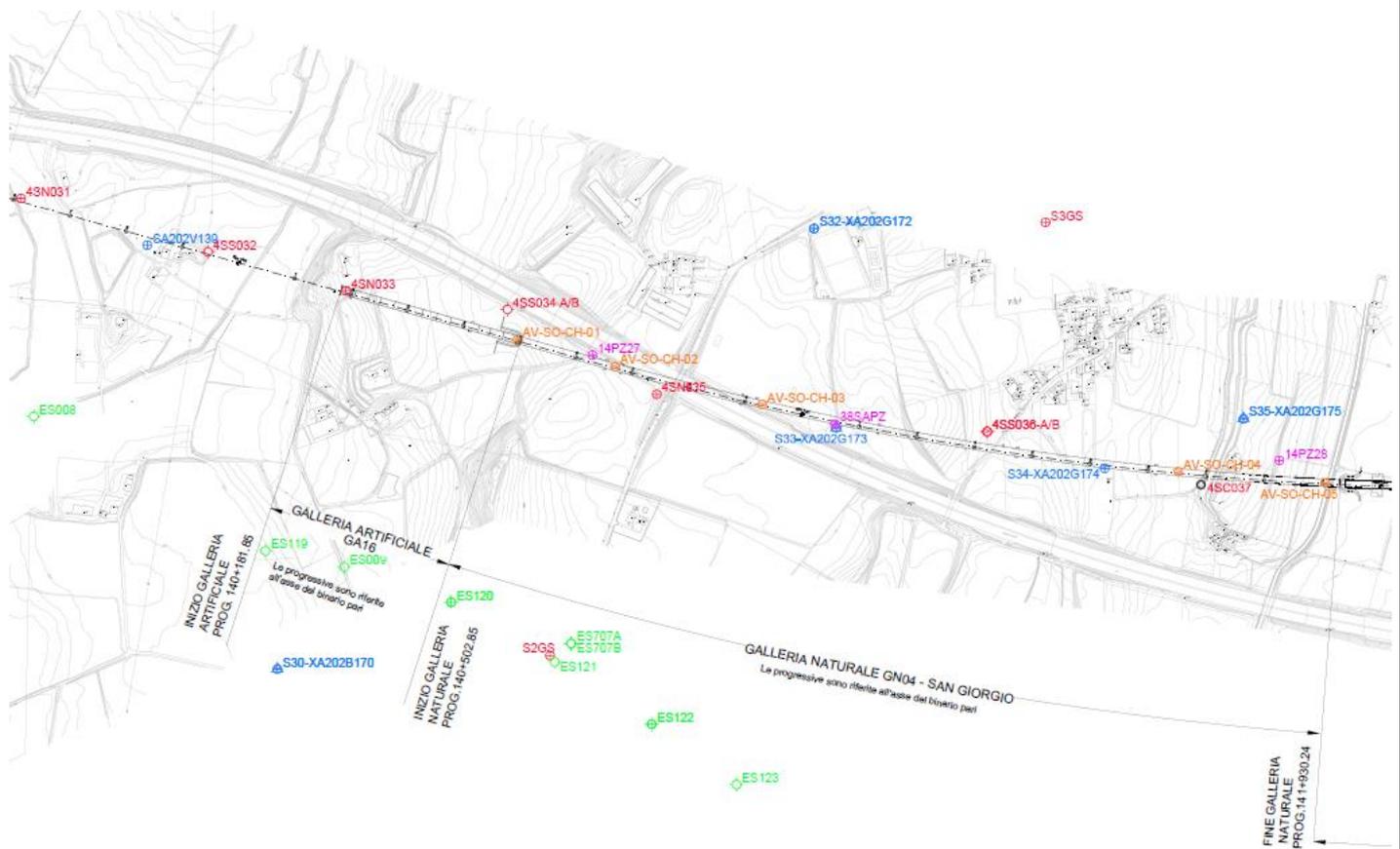
Rispetto al Progetto Preliminare (2006), l'imbocco della galleria naturale lato Milano è stato spostato dalla progressiva 140+463 del progetto a due canne fino all'attuale progressiva 140+502.85 nel progetto definitivo monocanna.

L'imbocco lato Verona è stato arretrato fino alla progressiva 141+930.24 in corrispondenza del primo risalto morfologico dove aumentano le coperture. La tratta tra le progressive 141+930.24 e 143+575.24 m è prevista in artificiale ed è costituita da un'area pianeggiante a destinazione agricola e residenziale a bassa densità. Alcuni fabbricati sono presenti a breve distanza dall'imbocco della galleria naturale, il cui tracciato non interessa direttamente i fabbricati.

I vincoli che condizionano la livelletta della galleria sono a partire da ovest verso est;

- lo scavalco di un'area pianeggiante ove è prevista la realizzazione di un viadotto per motivi di carattere idraulico;
- il sottopasso dell'autostrada Milano-Venezia ove è necessario mantenere una copertura adeguata;
- il mantenimento in sotterraneo (in galleria naturale od artificiale) nell'attraversamento della zona pianeggiante a destinazione agricola-residenziale presente dal lato est.

Il tracciato della galleria naturale, con riferimento al piano del ferro è situato a quota 108.20 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Milano e a quota 108.60 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Verona e presenta una lieve pendenza verso Ovest. Nella Figura 4.2, è riportata la planimetria della galleria naturale con l'ubicazione delle indagini geotecniche.



**Figura 4.2: Galleria S.Giorgio in Salici, planimetria di progetto della galleria naturale con ubicazione delle indagini geotecniche.**

#### 4.3. Galleria Naturale

La galleria naturale è caratterizzata da coperture variabili tra 5 e 20 m. La sezione tipologica delle galleria a doppio binario contempla gli standard geometrici previsti dal nuovo Manuale di Progettazione RFI 2016 con particolare riferimento ai seguenti aspetti (Figura 4.3):

- marciapiedi laterali costituenti i camminamenti di emergenza delle vie di esodo caratterizzati da un'altezza di +0,55 m rispetto al piano, su entrambi i lati;
- presenza di una canaletta sotto-ballast ad approfondimento variabile, al di sotto del piano ferro, allo scopo di fornire un sistema di drenaggio avente una opportuna capacità di smaltimento, tenendo conto della limitatissima pendenza longitudinale;
- estensione del sistema di impermeabilizzazione anche all'arco rovescio, avendosi pertanto una galleria interamente impermeabilizzata, al fine di consentire nel lungo termine il ripristino dei livelli piezometrici preesistenti alla costruzione dell'opera.

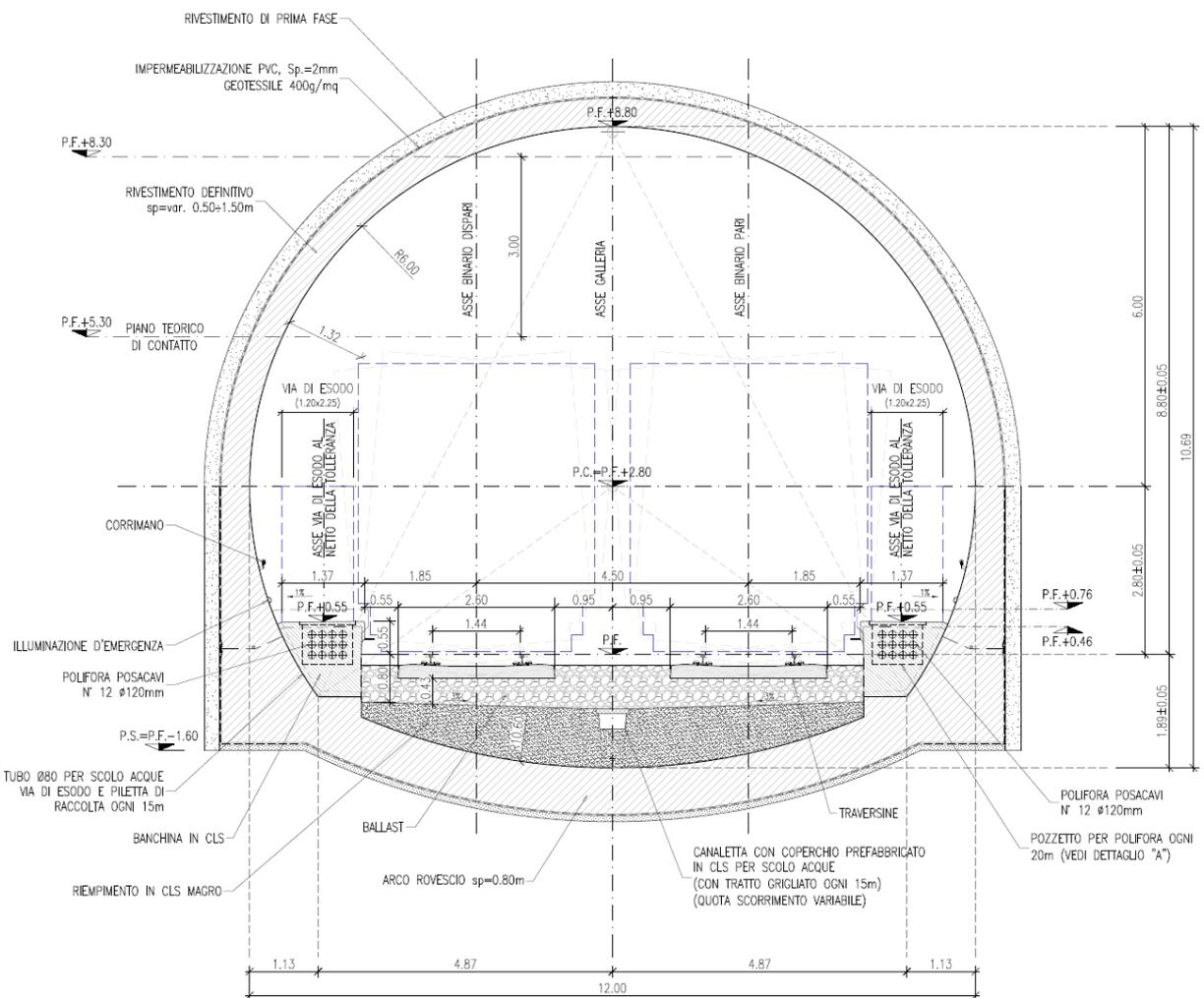


Figura 4.3: Galleria S.Giorgio in Salici, sezione trasversale tipologica

Dal punto di vista della sicurezza in galleria, la lunghezza del sistema complessivo delle gallerie artificiali e della galleria naturale, che risulta superiore ai 1000 m, ha comportato la necessità di prevedere alcune dotazioni, ed in particolare una uscita di emergenza nel tratto in galleria naturale e due nel tratto in galleria artificiale lato Verona.

#### 4.4. Imbocchi

I due imbocchi della galleria naturale verranno realizzati utilizzando come sostegno provvisorio, paratie in terreno consolidato ottenute tramite Jet – Grouting.

Vista la morfologia del sito in esame, le dimensioni della futura sezione di scavo e la conseguente profondità dei ribassi, al fine di contenere i volumi di sbancamento e nel contempo operare un contenimento adeguato del versante, si è adottata per gli imbocchi lato Milano e lato Verona la tecnologia del jet-grouting, che risulta la più idonea in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni. Tale tecnica consiste nell'effettuare iniezioni ad altissima pressione di miscele cementizie, allo scopo di ottenere setti di terreno consolidato; l'esecuzione di più perforazioni disposte in maniera opportuna consente di ottenere volumi consolidati delle forme e dimensioni volute.

Questo modo di procedere arreca inoltre il minimo disturbo al terreno a tergo della paratia, che conserva così inalterate le sue caratteristiche geomeccaniche di picco nel terreno sottostante il terreno migliorato. Inoltre è possibile operare una geometria planimetrica ad arco, migliorando la stabilità della paratia la quale assume un funzionamento a guscio.

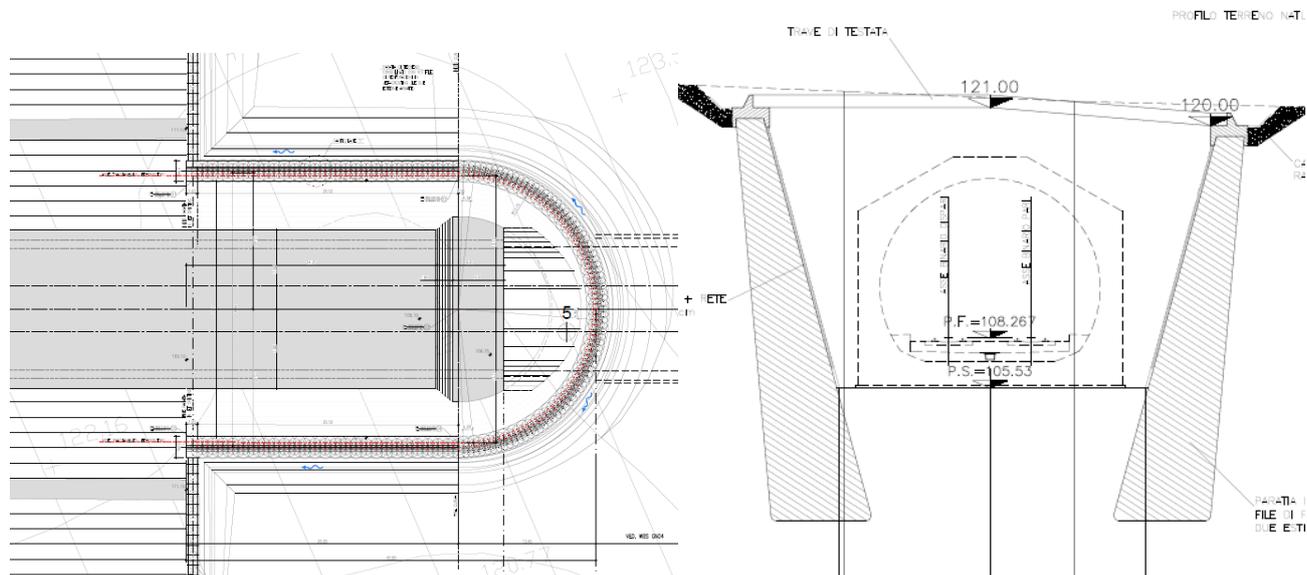
Le perforazioni eseguite per il jet-grouting sono disposte su tre file a quinconcia con passo longitudinale 50 cm e 40 cm in direzione trasversale ed inclinazione variabile da 5° (fila di monte), a 15° nella fila di valle e 10° (fila centrale) rispetto alla verticale.

Le file esterne sono inoltre armate con un tubo metallico del diametro  $\Phi$  88.9 mm e spessore 10 mm. Le colonne in jet-grouting vengono poi unite in testa con un cordolo in cls armato, che le rende solidali, irrigidendo così la paratia in senso longitudinale.

L'intervento è completato con il getto di uno strato di spritz-beton dello spessore di 10 cm armato con rete elettrosaldata del diametro  $\Phi$  6 mm e maglia 20 x 20 cm, da effettuarsi a seguito di ciascun ribasso, e l'esecuzione dei barbacani sub-orizzontali, disposti su 2 file e di lunghezza pari a 5.0-8.0 m. Per quanto riguarda la geometria della paratia ed i dettagli costruttivi si rimanda agli elaborati grafici relativi.

L'imbocco lato Milano verrà realizzato tramite una paratia avente sviluppo planimetrico ad "U" per circa 98 m, con le colonne in jet – grouting che verranno realizzate con inclinazione convergente verso l'interno della trincea di imbocco.

La paratia in jet – grouting dell'imbocco sarà connessa ad una paratia di pali in calcestruzzo del diametro di 0.8 m con un ordine di tiranti, previste per il contenimento dello scavo della galleria artificiale (si vedano a questo proposito gli elaborati della GA16).



**Figura 4.4: Galleria San Giorgio in Salici, imbocco lato Milano, paratia in jet grouting.**

L'imbocco lato Verona verrà realizzato tramite una paratia avente sviluppo planimetrico ad "U" per circa 104 m, con le colonne in jet – grouting che verranno realizzate con inclinazione convergente verso l'interno della trincea di imbocco.

#### 4.5. Vincoli progettuali e condizioni al contorno particolari.

Si segnalano alcuni aspetti specifici considerati durante la fase di progettazione dell'opera, in particolari legati alla morfologia e alle pre-esistenze potenzialmente interferite dallo scavo della galleria.

- La presenza della falda con livelli massimi superiori alla calotta e battente fino a circa 5 m al di sopra dell'estradosso della chiave di calotta; nell'ultimo tratto della galleria lato Verona, i livelli di falda scendono a quote interferenti con lo scavo, leggermente al di sotto della calotta.
- La presenza del tratto di sotto attraversamento all'autostrada A4 tra le progressive 140+687.00 e 140+887.00 circa, con tracciato sub-parallelo per una lunghezza complessiva di oltre 200 m; tale tratto risulta molto critico a causa dei ricoprimenti minimi, compresi fra 7 e 8 m, che hanno portato alla scelta, più avanti illustrata in dettaglio, di un consolidamento al contorno del cavo mediante colonne in jet - grouting.
- La presenza di un canale idraulico esistente alla progressiva 141+900 circa, molto prossimo all'imbocco Est della galleria naturale, in una zona a basso ricoprimento. Allo scopo di garantire la continuità di esercizio idraulico del canale si prevede un rivestimento provvisorio con una membrana in PVC e geotessile, in grado di garantirne l'impermeabilizzazione in fase di scavo in presenza di eventuali fessurazioni del canale in c.a. ed un eventuale rifacimento/ripristino a fine lavori del tratto di canale stesso.

#### 4.6. Uscite di Emergenza

La lunghezza complessiva della galleria San Giorgio, pari a 3393.39 m, comporta la realizzazione di n°3 uscite di emergenza/sicurezza intermedie, ad interdistanza non superiore ai 1000 m, e parimenti distanti dagli imbocchi, in accordo con le normative di riferimento per la tipologia di galleria monocanna a doppio binario, e coerentemente con quanto previsto dall'Analisi di Rischio.

Le uscite di emergenza previste vengono di seguito riepilogate:

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002Rev.  
AFoglio  
14 di 35

- Uscita di sicurezza A alla progressiva 141+020.00, nel tratto di galleria naturale (GN04), ad una distanza di circa 840 m rispetto all'imbocco Ovest del sistema di gallerie;
- Uscita di sicurezza B alla progressiva 141+985.43 nel tratto di galleria artificiale (GA17), ad una distanza di circa 965 m rispetto all'uscita A;
- Uscita di sicurezza C alla progressiva 142+845.37 nel tratto di galleria artificiale (GA17), ad una distanza di circa 860 m rispetto all'uscita B, e di 710 m rispetto all'imbocco Est del sistema di gallerie.

Tutte e tre le uscite sono state standardizzate in termini di dimensioni geometriche e di layout funzionale interno ed esterno, con le seguenti particolari caratteristiche nel rispetto delle vigenti normative e del Manuale di Progettazione RFI 2016:

- lunghezza del cunicolo orizzontale di uscita dalla galleria pari ad un minimo di 7.50 m, di cui i primi 3.00 m a partire dalla galleria, verranno compartimentati e pressurizzati (camera di transizione);
- la larghezza del cunicolo orizzontale pari a 3.00 m con altezza pari a 2.20 più uno spazio impiantistico superiore di 1.20 m (per un totale di 3.40 m);
- porte tagliafuoco secondo le indicazioni del MdP RFI 2016 con una doppia anta da 90 cm per ciascun passaggio dalla camera di transizione;
- larghezza delle rampe scale con dimensione interna utile di 1.80 m, così come le dimensioni dei pianerottoli;
- rampe delle scale uniformate a 15 gradini di altezza 17 cm per un totale di 2.55 m per ciascun pianerottolo;
- torrino di uscita previsto con struttura in muratura in tutti i casi;
- spazio di raccolta esterno all'uscita di sicurezza con superficie pari a 500 m<sup>2</sup> complessivi, comunicanti con entrambe le uscite, come previsto dalla normativa.

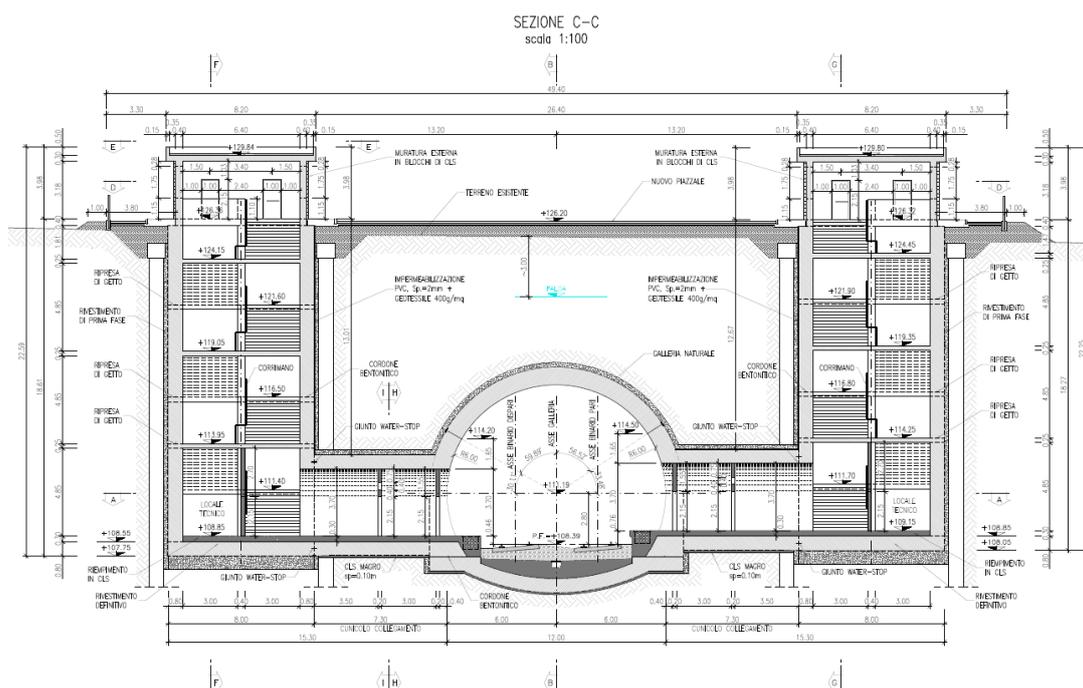


Figura 4.5: Galleria San Giorgio in Salici, uscita di emergenza A alla progressiva 141+020.

Nel caso dell'uscita A, ubicata nel tratto di galleria naturale, si prevede lo scavo dei due cunicoli orizzontali a foro cieco, a partire dalla galleria principale, e la realizzazione dei due torrini di uscita verticali tramite pozzi sostenuti da paratie provvisorie costituite da pali in c.a. con sistemi di centine/puntoni in carpenteria metallica.

La presenza della falda ha reso necessario l'inserimento nel progetto di un tappo di fondo provvisorio in jet-grouting per entrambi i pozzi.

Le due uscite A e B, collocate nella WBS GA17, avranno le stesse caratteristiche geometriche, ad eccezione del cunicolo orizzontale che avrà sezione scatolare, realizzata "cut and cover", anziché policentrica; i pozzi verticali, di altezza inferiore, potranno essere realizzati a scavo libero.

#### 4.7. Piazzali di emergenza ed Area Tecnologica

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

- raccogliere le funzioni tecnologiche a supporto della galleria;
- 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. 139+911, ad una distanza di circa 250 m rispetto all'effettivo imbocco della galleria artificiale GA16.

Il piazzale, di superficie rettangolare, avrà dimensioni pari a 83 x 35 m, per circa 2900 m<sup>2</sup> di area asfaltata, 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 m<sup>2</sup> 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 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 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.

Il piazzale di emergenza lato Est è ubicato alla progressiva in asse pk. 143+590, in adiacenza all'imbocco della galleria artificiale GA17.

Il piazzale, di superficie rettangolare, avrà dimensioni pari a 83 x 25 - 28 m, per circa 2225 m<sup>2</sup> di area asfaltata, e sarà organizzato con le seguenti dotazioni:

- fabbricato tecnologico in muratura di lunghezza 35 m e larghezza 8 – 12 m;

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN0R

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002

Rev.  
A

Foglio  
16 di 35

- 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 m<sup>2</sup> di area complessiva, suddivisa in 5 sotto-aree di diversa funzionalità.

Lo spazio adibito a piazzale di emergenza, risulterà connesso all'imbocco della galleria, per circa 33 m, tramite due marciapiedi laterali 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 Ovest, 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 2,40m 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.



## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

### 5.1. Inquadramento geografico e geologico

La galleria naturale “San Giorgio in Salici” è situata al margine orientale dell’arco morenico gardesano. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai cordoni morenici Rissiani senza brusche interruzioni di facies ai depositi fluvio-glaciali coevi. I cordoni morenici sono orientati prevalentemente N-S e presentano una evidenza morfologica, ridotta rispetto a quella osservata nella Galleria Lonato, con rilievi plurimetrici.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, si sono depositi dei depositi glaciolacustri di estensione areale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose. Quei depositi presentano una limitata estensione ed interessano verosimilmente solo la porzione superiore del cavo.

Il quadro geologico-geotecnico ed idrogeologico è ripreso dagli elaborati: “Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio” e “Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio”, che derivano dai dati delle precedenti fasi progettuali, e dai risultati delle diverse campagne geognostiche condotte, inclusa quella integrativa condotta per il Progetto Esecutivo.

Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi glaciali costituiti da limi con sabbia e una limitata frazione ghiaiosa per passare successivamente a depositi fluvio-glaciali caratterizzati da una distribuzione granulometrica molto simile ai precedenti.

Il tracciato prosegue alternando le due litofacies per terminare in corrispondenza degli imbocchi lato Verona all’interno di depositi fluvio-glaciali. Rispetto alla galleria Lonato le ghiaie risultano meno diffuse e con una presenza più limitata di elementi lapidei decimetrici.

Le coperture variano da un minimo di 4-5 m in corrispondenza degli imbocchi fino a locali massimi localizzati di 18.50 m, con una media di circa 7-10 m.

Sono presenti delle zone di circolazione idrica sia nei depositi fluvio-glaciali sia in orizzonti localizzati all’interno delle morene. In generale, gli acquiferi più superficiali, tendono ad ubicarsi tra piano campagna e i 7 m di profondità.

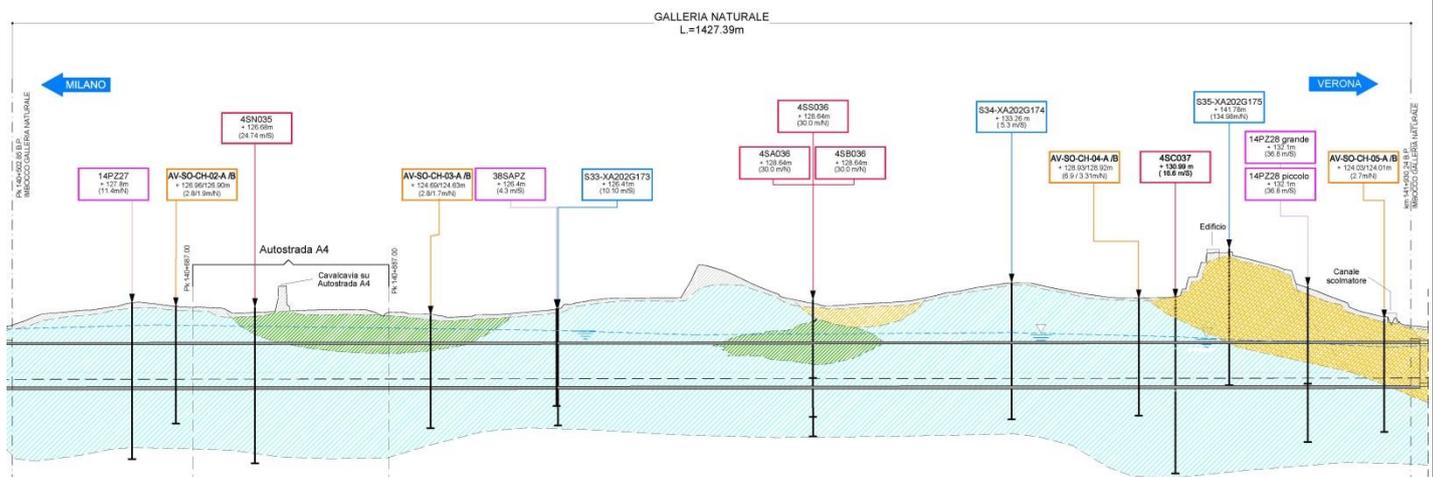


Figura 5.1: Galleria San Giorgio in Salici – Profilo Geotecnico

### 5.2. Descrizione unità litologiche

La ricostruzione geologica viene riferita agli elaborati: “Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio” e “Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio”.

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

- Depositi fluvioglaciali. Questi depositi sono costituiti da ghiaie con matrice sabbioso limosa e sabbie ghiaiose. Sono presenti come depositi intramorenici nella parte centrale del tracciato.
- Depositi glaciali – morene. Questi depositi sono eterogenei e sono costituiti prevalentemente da limi, limi con sabbia e una percentuale molto ridotta di ghiaie (con ciotoli di dimensioni centimetriche) a supporto di matrice limosa. I depositi si presentano compatti.

### 5.3. Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico

La morfologia risulta costituita da rilievi poco marcati altimetricamente costituiti da cordoni morenici, le quote del piano campagna variano tra 120 e un massimo di circa 140 m s.l.m. in corrispondenza del sondaggio XA202G175. I cordoni morenici presentano una evidenza morfologica ridotta rispetto alla galleria Lonato.

In genere i depositi glaciali, in funzione dell’elevata presenza di materiale fine, nonostante l’eterogeneità e la presenza di materiale grossolano peraltro poco rappresentato nella galleria San Giorgio in Salici, presentano permeabilità ridotte. I depositi glacio - fluviali 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 glacio fluviali sia in orizzonti localizzati all’interno delle morene.

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. Le caratterizzazioni idrogeologiche sono riprese dagli elaborati: “Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria San Giorgio” e “Sezione geologica e idrogeologica Galleria di San Giorgio”

I depositi glaciali localmente presentano permeabilità media stimata da prove in situ (tra  $1 \cdot 10^{-5}$  e  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s) mentre la permeabilità nei depositi fluvioglaciali risulta da media a bassa (tra  $1 \cdot 10^{-4}$  e  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s). 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.

## 6. SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE

La galleria naturale San Giorgio in Salici è compresa tra le progressive 140+502.85 e 141+930.24, per uno sviluppo complessivo di 1427.39 m e con copertura variabile fra i 5 m nelle zone di imbocco, a 20 m nella parte centrale.

Considerando la lunghezza notevole della galleria naturale, la presenza di sezioni tipo decisamente pesanti, relativamente alle scarse proprietà meccaniche dei terreni, il delicato sotto attraversamento dell'autostrada A4, la galleria sarà realizzata a partire da entrambi gli imbocchi con il diaframma di abbattimento, fra i due fronti di scavo, che dovrà essere necessariamente situato nella tratta compresa fra le progressive km 141+100 e 141+600 ovvero sia ad una significativa distanza sia dalla piattaforma autostradale sia dall'edificio, situato alla progressiva km 141+730.

Data la lunghezza della galleria, le condizioni geotecniche e le interferenze in superficie sono state proposte diverse sezioni tipo di scavo e avanzamento che sono di seguito descritte, rimandando alla relazione di calcolo della galleria per il calcolo e le verifiche.

Per tutte le sezioni tipo di scavo e avanzamento è previsto lo scavo a sezione piena. L'avanzamento viene preceduto da opere di presostegno e preconsolidamento sia del fronte (nucleo di avanzamento) sia del contorno del cavo.

Dal punto di vista idrogeologico, la falda risulta essere più alta a tratti rispetto al livello della galleria. L'impermeabilizzazione è perciò presente lungo tutto lo sviluppo della galleria e sarà del tipo ad "anello" (o full – round).

La sezione libera interna risulta di circa 103.81 m<sup>2</sup>; la sezione di scavo, ad esclusione dei fuori scavo, risulta variabile tra 142.20 m<sup>2</sup> e 167.44 m<sup>2</sup>, in funzione dei rivestimenti di prima fase e definitivi.

La sezione interna di galleria prevede un raggio in calotta di 6.00 m per la sezione in scavo, in calotta per le sezioni tronco - coniche si prevede una variabilità di spessore fra 0.5 m e 1.5 m.

Lo scavo in tradizionale verrà condotto mediante escavatore meccanico e poiché i terreni presentano caratteristiche geomeccaniche scadenti si procederà alla realizzazione di consolidamenti in avanzamento, mediante sistema di infilaggi metallici in terreni prevalentemente coesivi e jettinazione in terreni granulari.

Effettuato lo scavo e lo smarino, si procederà alla posa in opera dei rivestimenti di prima fase, mediante calcestruzzo proiettato, e centine metalliche ed al controllo geometrico del profilo di scavo, al fine di assicurare il gabarit previsto. A distanza dal fronte di scavo, funzione del comportamento deformativo del cavo, si procederà al getto dei rivestimenti definitivi di muretta e arco rovescio, al fine di contrastare adeguatamente il piede del rivestimento di prima fase, e, previa posa dell'impermeabilizzazione, al getto dei rivestimenti definitivi di calotta; considerata la natura dei terreni l'arco rovescio sarà gettato a ridosso del fronte di scavo (1-2 diametri) mentre i rivestimenti di calotta saranno eseguiti ad una distanza dal fronte definita in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo.

Lungo tutto il tracciato della galleria, caratterizzato dalla presenza di depositi fluvio glaciali e/o accumuli morenici, si prevede un comportamento del fronte di tipo "instabile".

Quali azioni di "pre-consolidamento" del fronte in avanzamento si è previsto l'impiego di barre in VTR cementate in modo da fornire al fronte elementi di stabilità atti ad impedire fenomeni di rilascio. Al contorno del cavo sono previsti a seconda delle sezioni tipo micropali cementati (ombrello di infilaggi) e, per alcune sezioni tipo, colonne in jet-grouting.

Per tutte le sezioni adottate, lo scavo a piena sezione consente inoltre – in funzione del comportamento deformativo del cavo - di chiudere il rivestimento del cavo con il getto di murette e arco rovescio a distanza ravvicinata dal fronte, e di procedere successivamente in tempi brevi al completamento del rivestimento definitivo con il getto del

rivestimento di calotta, limitando considerevolmente i fenomeni deformativi. Drenaggi realizzati in avanzamento sono sistematicamente previsti, in modo da abbattere le pressioni interstiziali nel nucleo di scavo.

Sono stati valutati i possibili effetti indotti durante le fasi di scavo sull'autostrada A4 Milano-Venezia, sotto attraversata in corrispondenza delle pk 140+687.07 a pk 140+887.00, su un edificio presente alla pk 141+725 e su un canale scolmatore in prossimità dell'imbocco est lato Verona.

La soluzione progettuale adottata per il sotto attraversamento è descritta in dettaglio più avanti in un apposito paragrafo.

### 6.1. Sezioni di scavo

In accordo al profilo longitudinale geotecnico progettuale di previsione e di monitoraggio e a quanto riportato nella specifica relazione di calcolo, si prevede per lo scavo della galleria naturale l'applicazione di sei sezioni tipo: C1A, C1A-rid, C1B, C1B-rid, C1Bbis.

Tutte le sezioni tipo prevedono lo scavo a piena sezione e sono state messe a punto per garantire elevate condizioni di sicurezza. Infatti, al fine di garantire condizioni di sicurezza durante gli avanzamenti occorre:

- Garantire la stabilità del fronte di scavo attraverso il controllo dei fenomeni deformativi interessanti il nucleo, sottoposto ai carichi gravitativi ed alla redistribuzione tensionale connessa all'apertura del cavo (estrusioni e preconvergenze). Per tutti i terreni interessati dallo scavo della galleria San Giorgio in Salici appartenenti ai depositi glaciali e fluvioglaciali dell'Allogruppo di San Giorgio (Anfiteatro Morenico del Garda), si è stimato, prevalentemente, un comportamento del fronte di tipo "instabile", con deformazioni significative che evolvono in campo elastoplastico e formazione di fasce plastiche già presso il fronte; sono quindi previsti interventi di consolidamento del fronte mediante tubi in vetroresina, con intensità funzione del carico litostatico e dei parametri di resistenza e deformabilità dei materiali (misurabili in corso d'opera dall'entità dei valori di preconvergenza ed estrusione), nonché interventi di presostegno mediante infilaggi metallici e interventi di precontenimento realizzati in avanzamento mediante colonne sub-orizzontali di jet - grouting. Inoltre, poiché la galleria è interamente sotto falda, al fine di abbattere le eventuali pressioni neutre nel nucleo saranno posti in opera, con le geometrie indicate negli elaborati grafici, dei drenaggi in avanzamento.
- Garantire la stabilità del profilo di scavo, specie in calotta, in corrispondenza del fronte; tenendo conto della natura dei terreni è previsto, nella maggior parte delle sezioni tipo correnti, al contorno del cavo un intervento di "presostegno" mediante la messa in opera di una coronella di tubi in acciaio.
- Garantire un adeguato contenimento del cavo, allo scopo di controllare i fenomeni di convergenza ed evitare i conseguenti detensionamenti e rilasci dell'ammasso al contorno del cavo; tale azione sarà effettuata dal priverivestimento, costituito da centine metalliche inglobate in uno strato di calcestruzzo, di rigidezza funzione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso, ovvero delle spinte in gioco.
- Garantire il raggiungimento di "condizioni di stabilità definitive" del cavo nel più breve tempo possibile. Tale azione sarà condotta attraverso la tempestiva messa in opera dei priverivestimenti, a seguito di ogni singolo sfondo, e mediante il getto dell'arco rovescio a ridosso del fronte di scavo, così da contrastare efficacemente il piede del priverivestimento, incrementandone la capacità portante. Il getto della calotta dovrà essere effettuato ad una distanza dal fronte funzione del comportamento deformativo del cavo, talora a ridosso del fronte stesso.

Nella

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN0R

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GN 040 0 002

Rev.  
A

Foglio  
21 di 35

Tabella 6.1 si riportano i criteri di applicazione delle diverse sezioni tipo mentre nel seguito si riporta una descrizione dettagliata delle sezioni tipo di avanzamento previste per lo scavo della galleria San Giorgio in Salici e una descrizione delle fasi esecutive. Per una rappresentazione dettagliata delle sezioni tipo si rimanda agli elaborati grafici.

Tabella 6.1 – Criteri di applicazione delle sezioni tipo.

Sezione tipo	Criteri di applicazione delle sezioni tipo
C1A (campo di avanzamento da 9 m) C1A-rid (campo di avanzamento da 6 m)	Attraversamento dei depositi glaciali e fluvioglaciali dell'Allogruppo di San Giorgio (Anfiteatro Morenico del Garda) con terreni prevalentemente a grana fine (limo argillosi, limo sabbiosi, limi debolmente sabbiosi con ghiaia), con conseguente necessità del preconsolidamento del fronte di scavo – nucleo d'avanzamento e di un presostegno in calotta, a causa delle ridotte coperture della galleria (comportamento del fronte di tipo "instabile", con deformazioni elevate in campo plastico).
C1B (campo di avanzamento da 9 m) C1B-rid (campo di avanzamento da 6 m)	Attraversamento dei depositi glaciali e fluvioglaciali dell'Allogruppo di San Giorgio (Anfiteatro Morenico del Garda) nelle tratte della galleria caratterizzate da terreni con una maggiore percentuale di terreni a grana grossa e comportamento incoerente del terreno (ghiaie limose e sabbie limose con ghiaia), con conseguente necessità del preconsolidamento del fronte di scavo – nucleo d'avanzamento, di un presostegno in calotta, a causa delle ridotte coperture della galleria, e di un preconsolidamento al contorno del cavo con una coronella di colonne in jet-grouting (comportamento del fronte di tipo "instabile", con deformazioni elevate in campo plastico).
C1Bbis	E' prevista in corrispondenza della tratta del sotto attraversamento dell'autostrada A4, nella quale viene realizzato un consolidamento in jet – grouting dal piano campagna che interessa tutto il profilo di scavo della galleria incluso l'arco rovescio. L'intervento di consolidamento in jet – grouting dalla superficie viene eseguito mediante un apposito piano di deviazione della piattaforma autostradale, concordato con la Concessionaria dell'A4, con la duplice finalità di: (1) realizzare lo stesso consolidamento in corrispondenza della piattaforma autostradale; (2) evitare la presenza del traffico in superficie nella zona dove si stanno eseguendo gli scavi (presenza del fronte di scavo della galleria). In questo caso la sezione tipo è cilindrica con il solo preconsolidamento del fronte di scavo – nucleo di avanzamento.

### 6.1.1. Sezione tipo CIA

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- n° 2 + 2 drenaggi eseguiti sul fronte di scavo della lunghezza L = 24.00 m ogni 12 m di avanzamento;
- intervento di consolidamento al fronte tramite n° 50 tubi (da intendendersi come valore medio compreso fra un valore minimo di 40 e un valore massimo di 60, in accordo ai criteri riportati nella relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo) in vetroresina,  $\phi = 60$  mm, cementati aventi lunghezza L = 18.00 m e sovrapposizione 9.00 m;
- intervento di presostegno tramite 55 tubi in acciaio  $\phi 88.9$  mm, sp. = 10 mm, passo 0.35 m, cementati, lunghezza L = 14.00 m e sovrapposizione di 5.00 m;

- centine costituite da 2 IPN180 passo 1.00 m;
- calcestruzzo proiettato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio dello spessore 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore variabile da 0.5 a 1.50 m.

Le fasi esecutive principali sono:

- esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in VTR;
- posa in opera dei tubi metallici per il presostegno al contorno;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e calcestruzzo proiettato;
- posa dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle murette e dell'arco rovescio;
- getto di murette ed arco rovescio in c.a., ad una distanza dal fronte  $\leq 27$  m;
- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- getto del rivestimento definitivo di calotta, ad una distanza massima dal fronte di scavo  $\leq 36$  m, da verificare in funzione del comportamento deformativo del cavo.

#### **6.1.2. Sezione tipo CIA-rid**

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- n° 2 + 2 drenaggi eseguiti sul fronte di scavo della lunghezza  $L = 24.00$  m ogni 12 m di avanzamento;
- intervento di consolidamento al fronte tramite n° 60 tubi in vetroresina,  $\phi = 60$  mm, cementati aventi lunghezza  $L = 18.00$  m e sovrapposizione 12.00 m;
- intervento di presostegno tramite 55 tubi in acciaio  $\phi 88.9$  mm, sp. = 10 mm, passo 0.35 m, cementati, lunghezza  $L = 14.00$  m e sovrapposizione di 8.00 m;
- centine costituite da 2 IPN180 passo 1.00 m;
- calcestruzzo proiettato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio dello spessore 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore variabile da 0.5 a 1.50 m.

Le fasi esecutive principali sono:

- esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in VTR;
- posa in opera dei tubi metallici per il presostegno al contorno;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;

- posa in opera di centine e calcestruzzo proiettato;
- posa dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle murette e dell'arco rovescio;
- getto di murette ed arco rovescio in c.a., ad una distanza dal fronte  $\leq 27$  m;
- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- getto del rivestimento definitivo di calotta, ad una distanza massima dal fronte di scavo  $\leq 36$  m, da verificare in funzione del comportamento deformativo del cavo.

### 6.1.3. Sezione tipo C1B

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- esecuzione di n° 2 + 2 drenaggi eseguiti sul fronte di scavo della lunghezza  $L = 24.00$  m ogni 12 m di avanzamento;
- intervento di consolidamento al fronte tramite n° 50 tubi (da intendendosi come valore medio compreso fra un valore minimo di 40 e un valore massimo di 60, in accordo ai criteri riportati nella relazione linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo) in vetroresina,  $\phi = 60$  mm, cementati aventi lunghezza  $L = 18.00$  m e sovrapposizione 9.00 m;
- intervento di presostegno tramite 32 tubi in acciaio  $\phi 88.9$  mm, sp. = 10 mm, passo 0.35 m, cementati, lunghezza  $L = 14.00$  m e sovrapposizione di 5.00 m;
- un preconsolidamento al contorno della sezione di scavo realizzato mediante 61 colonne in jet - grouting del diametro di 600 mm della lunghezza di 14 m con sovrapposizione di 5 m;
- un preconsolidamento al piede delle centine costituito da 5 + 5 colonne in jet - grouting della lunghezza massima di 15.6 m eseguite ogni campo di avanzamento di 9 m;
- centine costituite da 2 IPN180 passo 1.00 m;
- calcestruzzo proiettato al contorno dello spessore di 25 cm;
- murette ed arco rovescio dello spessore 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore variabile da 0.5 a 1.50 m.

Le fasi esecutive principali sono:

- esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in VTR;
- posa in opera dei tubi metallici per il presostegno al contorno;
- esecuzione del preconsolidamento al contorno del cavo e al di sotto del piede delle centine;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e calcestruzzo proiettato;
- posa dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle murette e dell'arco rovescio;
- getto di murette ed arco rovescio in c.a., ad una distanza dal fronte  $\leq 27$  m;

- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- getto del rivestimento definitivo di calotta, ad una distanza massima dal fronte di scavo  $\leq 36$  m, da verificare in funzione del comportamento deformativo del cavo.

#### 6.1.4. Sezione tipo C1B-rid

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- esecuzione di n° 2 + 2 drenaggi eseguiti sul fronte di scavo della lunghezza  $L = 24.00$  m ogni 12 m di avanzamento;
- intervento di consolidamento al fronte tramite n° 60 tubi in vetroresina,  $\phi = 60$  mm, cementati aventi lunghezza  $L = 18.00$  m e sovrapposizione 12.00 m;
- intervento di presostegno tramite 32 tubi in acciaio  $\phi 88.9$  mm, sp. = 10 mm, passo 0.35 m, cementati, lunghezza  $L = 14.00$  m e sovrapposizione di 8.00 m;
- un preconsolidamento al contorno della sezione di scavo realizzato mediante 61 colonne in jet – grouting del diametro di 600 mm della lunghezza di 14 m con sovrapposizione di 8 m;
- un preconsolidamento al piede delle centine costituito da 5 + 5 colonne in jet – grouting della lunghezza massima di 10 m eseguite ogni campo di avanzamento di 6 m;
- centine costituite da 2 IPN180 passo 1.00 m;
- calcestruzzo proiettato al contorno dello spessore di 25 cm;
- murette ed arco rovescio dello spessore 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore variabile da 0.5 a 1.50 m.

Le fasi esecutive principali sono:

- esecuzione dei drenaggi in avanzamento;
- esecuzione del preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in VTR;
- posa in opera dei tubi metallici per il presostegno al contorno;
- esecuzione del preconsolidamento al contorno del cavo e al di sotto del piede delle centine;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e calcestruzzo proiettato;
- posa dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle murette e dell'arco rovescio;
- getto di murette ed arco rovescio in c.a., ad una distanza dal fronte  $\leq 27$  m;
- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- getto del rivestimento definitivo di calotta, ad una distanza massima dal fronte di scavo  $\leq 36$  m, da verificare in funzione del comportamento deformativo del cavo.

### 6.1.5. Sezione tipo C1Bbis

La sezione tipo in fase costruttiva è costituita da:

- consolidamento da piano campagna mediante colonne di jet – grouting  $\phi = 1200$  mm, maglia 1.20 x 1.00 m;
- intervento di consolidamento al fronte tramite n° 34 tubi,  $\phi = 60$  mm, cementati aventi lunghezza  $L = 18.00$  m e sovrapposizione di 6.00 m (campo di avanzamento pari a 12 m);
- centine costituite da 2 IPN180 passo 1.00 m;
- calcestruzzo proiettato al contorno dello spessore di 25 cm;
- arco rovescio dello spessore 0.8 m;
- rivestimento definitivo di calotta in c.a. avente spessore di 0.7 m.

Le fasi esecutive principali sono:

- consolidamento da piano campagna mediante colonne di jet – grouting;
- esecuzione del preconsolidamento del fronte di scavo mediante tubi in VTR;
- esecuzione dello scavo a piena sezione, per sfondi di massimo 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava;
- posa in opera di centine e calcestruzzo proiettato;
- posa dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle murette e dell'arco rovescio;
- getto di murette ed arco rovescio in c.a., ad una distanza dal fronte  $\leq 18$  m;
- posa dell'impermeabilizzazione di completamento in calotta;
- getto del rivestimento definitivo di calotta, ad una distanza massima dal fronte di scavo  $\leq 24$  m, da verificare in funzione del comportamento deformativo del cavo.

### 6.2. Impermeabilizzazione e rivestimento definitivo

Il rivestimento di prima fase della galleria dovrà essere regolarizzato prima della posa dell'impermeabilizzazione in modo da ottenere superfici regolari prive di brusche differenze di sagoma e di parti metalliche in vista che potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione.

Un tessuto in microfibra ( $400 \text{ g/m}^2$ ) permette di regolarizzare la superficie della galleria. A questo tessuto viene applicata in un secondo momento l'impermeabilizzazione di 2 mm con un apposito telo in PVC. Le fessure in prossimità delle riprese di getto (sezione trasversale) con calcestruzzo sono impermeabilizzate per mezzo di bandelle iniettabili saldate all'impermeabilizzazione. In questo modo è possibile formare dei settori regolari che possono essere isolati in caso di falla limitando così l'estensione delle infiltrazioni.

La galleria si sviluppa interamente sotto falda per cui l'impermeabilizzazione sarà di tipo full-round, e si estenderà lungo tutto il perimetro di scavo.

La seguente Tabella 6.2 riepiloga, per le diverse sezioni tipo gli spessori del rivestimento definitivo e le distanze massime dei getti del rivestimento definitivo.



**Tabella 6.2: Galleria San Giorgio in Salici, riepilogo spessori rivestimento definitivo e distanze massime per i getti dei rivestimenti definitivi, per le diverse sezioni tipo.**

SEZIONE TIPO	RIVESTIMENTO DEFINITIVO					
	Spessore cls in chiave calotta (cm)	Spessore cls in arco rovescio (cm)	Armato	Distanza massima getto murette dal fronte di scavo (m)	Distanza massima getto arco rovescio dal fronte di scavo (m)	Distanza massima getto rivestimento definitivo dal fronte di scavo (m)
C1A	50 - 150	80	SI	27	27	36
C1B	50 - 150	80	SI	27	27	36
C1A-rid	50 - 150	80	SI	27	27	36
C1B-rid	50 - 150	80	SI	27	27	36
C1Bbis	70	80	SI	18	18	24

### 6.3. Nicchie tecnologiche

Nella galleria naturale San Giorgio in Salici della lunghezza complessiva di 1427.39 m, sono presenti le seguenti tipologie di nicchie tecnologiche:

- n. 3 nicchie TT (alle progressive chilometriche 140+628.64, 140+918.64 e 141+348.64);
- n. 6 nicchie NLF+HP+FG (alle progressive chilometriche 140+652.64, 140+893.64, 141+133.64, 141+373.64, 141+613.64 e 141+853.64,);
- n. 2 nicchie ST (alle progressive chilometriche 140+681.64 e 141+701.64).

## 7. IDRAULICA

### 7.1. Smaltimento acque interne di piattaforma

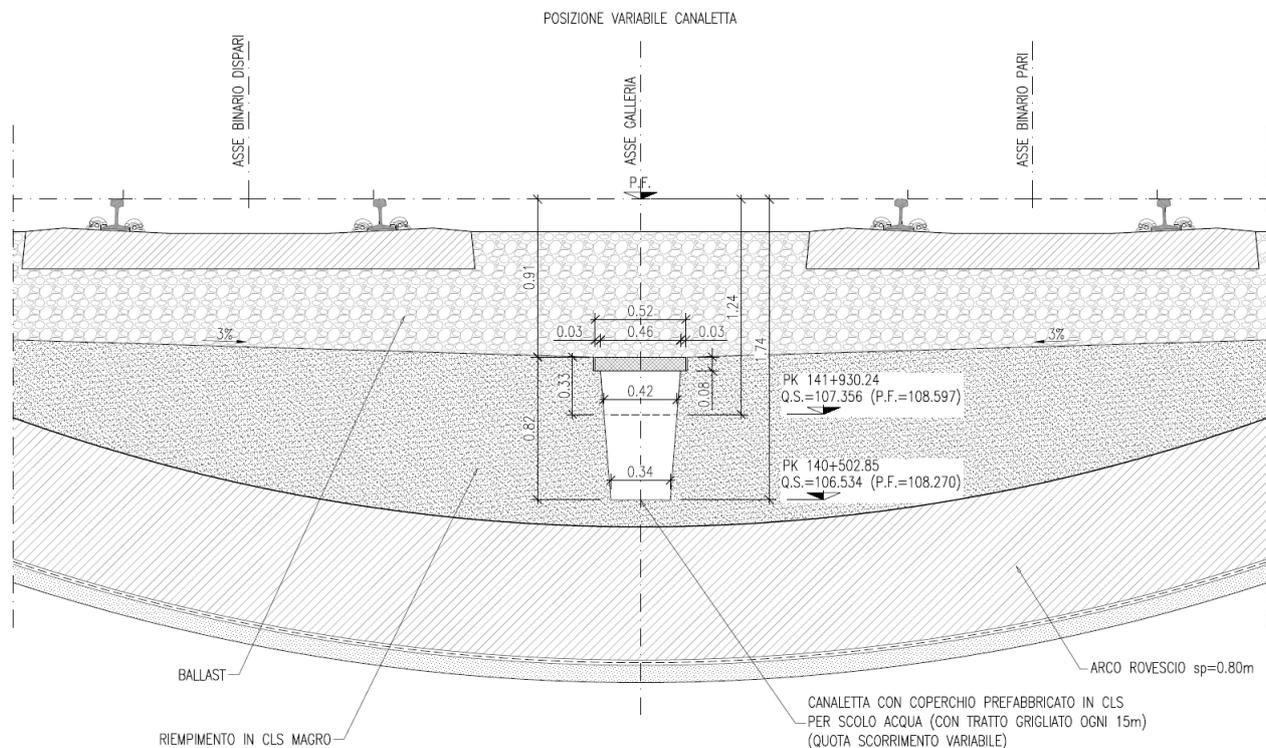
All'interno della galleria naturale è previsto l'alloggiamento di una canaletta in calcestruzzo avente dimensioni interne pari a 0.41 x 0.27 m, posizionata nella zona centrale della sezione.

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma della Galleria S.Giorgio in Salici, prevede una direzione naturale di scorrimento con verso costante da Est ad Ovest, ma con pendenze molto ridotte nei tratti corrispondenti alla GA16 e alla GN04 in termini di pendenza della livelletta del piano ferro; in particolare le pendenze del p.f. sono:

- Tratto GA17: pendenza 0,460 %
- Tratto GN04: pendenza 0,023%
- Tratto GA16: pendenza 0,023%

Le pendenze della parte Ovest della galleria, risultano insufficienti allo smaltimento di una portata compatibile con il corretto funzionamento a gravità all'interno nella canaletta prefabbricata.

Per questo motivo nel Progetto Definitivo è stata adottata una soluzione a gravità con posizione variabile della canaletta di drenaggio acque al di sotto del ballast sia lungo la galleria naturale (GN04) sia lungo la galleria artificiale lato Milano, sfruttando lo spazio di riempimento in arco rovescio.



**Figura 7.1 - Galleria San Giorgio in Salici – Posizione variabile della canaletta di smaltimento acque nel tratto in galleria naturale.**

Il sistema idraulico di smaltimento delle acque di piattaforma della galleria San Giorgio in Salici è strutturato, come riportato nei relativi elaborati grafici, in modo tale da non consentire la connessione idraulica delle canalette di smaltimento del tratto all'aperto all'imbocco Ovest nella transizione fra l'opera TR22 e l'opera GA17, dove è previsto uno scarico verso l'esterno.

All'imbocco est le acque provenienti dal tratto di approccio compreso tra la Pk 143+573 e la Pk 143+840, verranno tutte intercettate da un impianto di sollevamento posto in prossimità dell'imbocco stesso.

Il sistema complessivo GA17 - GN04 - GA16 è quindi organizzato in modo da raccogliere soltanto le acque di scolo dalla piattaforma e dai marciapiedi, che possono percolare dai convogli in ingresso. Tali contributi generano portate praticamente trascurabili.

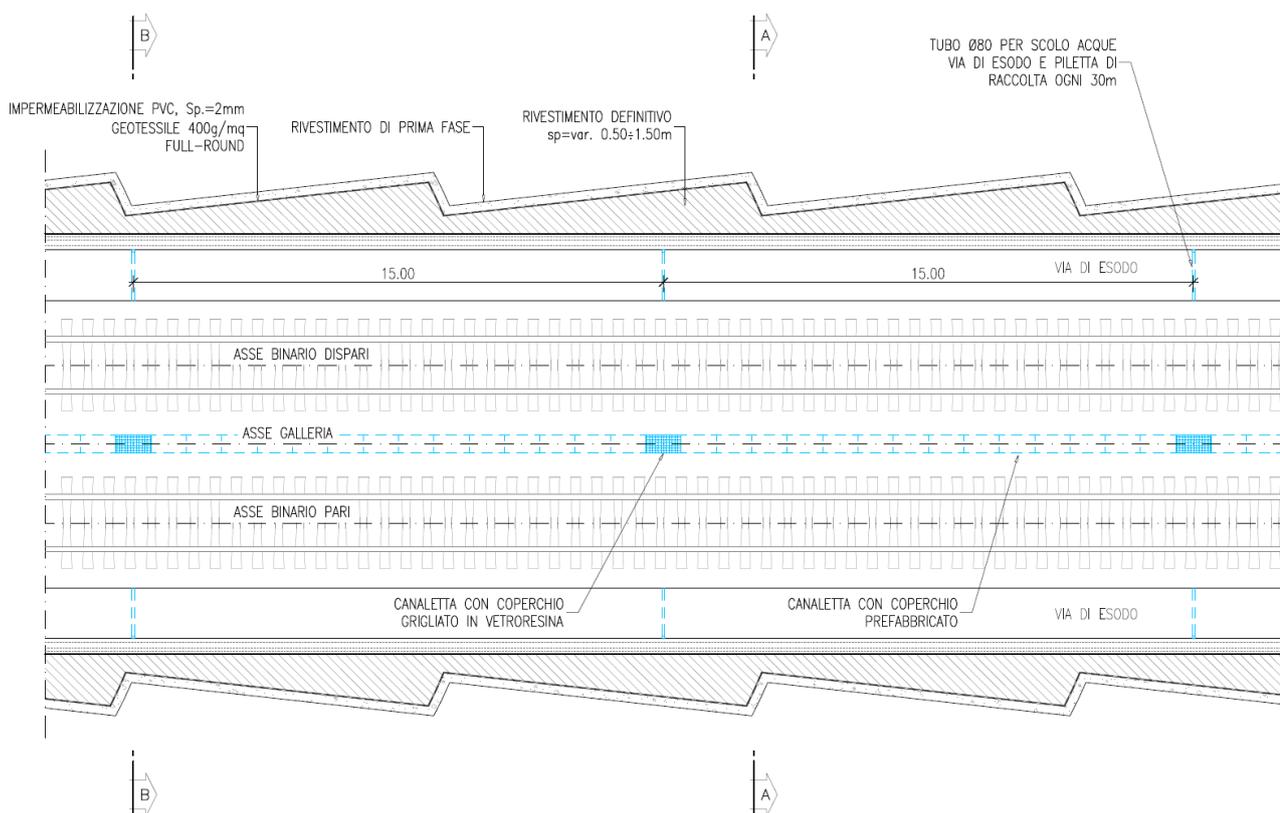
Il sistema sarà in grado comunque anche di convogliare verso l'esterno eventuali liquidi dovuti a sversamenti accidentali.

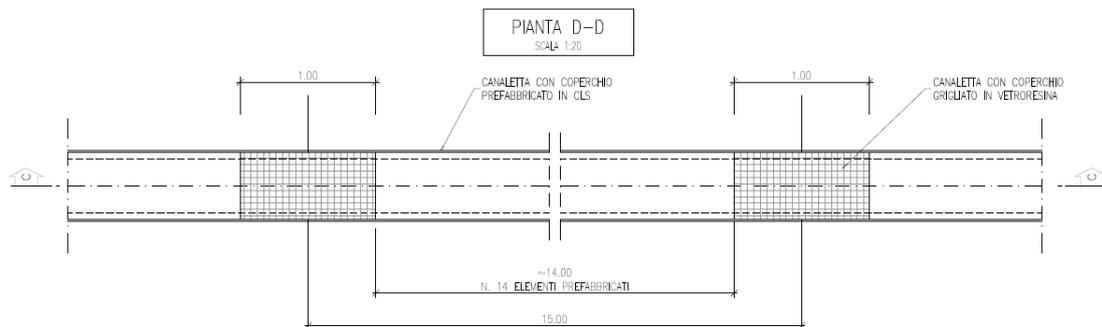
La transizione in uscita dall'opera GA16 all'opera TR21 invece garantisce la connessione con il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dei tratti all'aperto.

Le pendenze della canaletta centrale assumono quindi in generale valori diversi rispetto alla livelletta ferroviaria, ed in particolare:

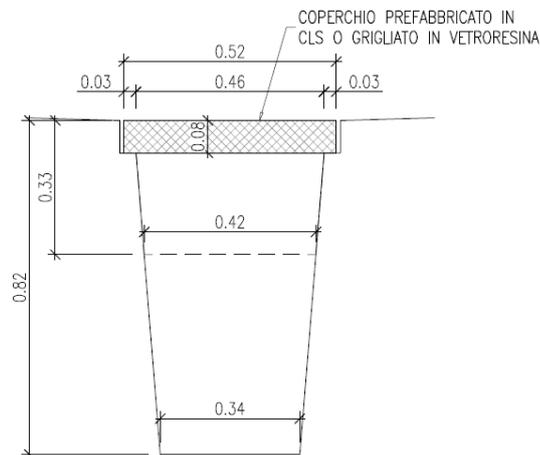
- Tratto GA17: pendenza 0,46 %, con distanza PF – QS pari a 124 cm, costante
- Tratto GN04: pendenza 0,06 % con distanza PF – QS pari a variabile tra 124 cm e 174 cm;
- Tratto GA16: pendenza 0,06 % con distanza PF – QS pari a variabile tra 174 cm e 184 cm;

L'alimentazione della canaletta del drenaggio interno della galleria è consentita da un coperchio con griglia della lunghezza di 1 m posta ogni 15 m, come mostrato nella Figura 7.2





CANALETTA CON COPERCHIO PREFABBRICATO  
SCALA 1:10



**Figura 7.2 - Galleria San Giorgio in Salici, posizione del coperchio grigliato della canaletta, della lunghezza di 1 m disposto ogni 15 m. e dettaglio del coperchio prefabbricato della stessa canaletta.**

Rispetto al Progetto Definitivo sono stati eliminati i pozzetti di ispezione in quanto, in accordo ai tipologici dell'intera tratta AV Brescia – Verona, i tubi  $\phi$  80 mm per lo scolo delle eventuali acque della via di esodo e della piletta di raccolta, disposti ogni 15 m, terminano nel ballast (Figura 7.3).



## 8. CEDIMENTI INDOTTI E MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio previsto per la realizzazione della galleria San Giorgio in Salici 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 stati:

- gli obiettivi definiti;
- 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 previsto per la costruzione della galleria San Giorgio in Salici è costituito da:

- Rilievi geologico-stratigrafici del fronte di scavo in galleria.
- Misure di estrusione del fronte con estensimetro incrementale (eventuali) in galleria.
- Misure di convergenza in galleria con sistema ottico.
- Misura della tensione nelle centine in galleria con estensimetri a corda vibrante.
- Misura della tensione nelle barre d'armatura con estensimetri a corda vibrante (eventuale).
- Misura della tensione nel rivestimento definitivo con martinetti piatti (eventuale).
- 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 ventiquattro 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.
- Controlli topografici delle paratie all'uscita di sicurezza con mire ottiche.
- Controllo della tensione nei puntoni delle paratie all'uscita di sicurezza con estensimetri a corda vibrante.

- Misure inclinometriche a tergo delle paratie all'uscita di sicurezza.
- Misure piezometriche a tergo delle paratie all'uscita di sicurezza 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 edificio interferente con capisaldi topografici da livellazione.
- Controllo degli spostamenti con mire ottiche sul traliccio di telecomunicazioni.

#### 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).

#### 8.3. Valori attesi delle misure e azioni correttive

Si rimanda ai documenti specialistici dedicati per la definizione dei valori attesi degli spostamenti, che derivano dai calcoli di dimensionamento. Questi valori vanno confrontati con le misure effettuate sugli strumenti.

Dallo studio dei dati, anche confrontando misure provenienti da strumenti diversi, si ha la rappresentazione di quanto accade nella realtà, in concomitanza con gli scavi.

Il manifestarsi di eventuali spostamenti anomali può essere dovuto a comportamenti non rispondenti alle ipotesi progettuali dei terreni scavati e delle opere costruite. Tale eventualità porta generalmente a definire frequenze di lettura più ravvicinate sugli strumenti.

#### 8.4. Effetti indotti dallo scavo della galleria

Lo studio degli effetti indotti dallo scavo della galleria è riportato nella relazione di calcolo e di monitoraggio, con riferimento alle seguenti pre-esistenze:

- Interferenza con la sede autostradale A4;
- Edificio alla progressiva 131+740 circa;
- Canale scolmatore alla progressiva 131+900 circa.

## 9. DOTAZIONI IMPIANTISTICHE E SICUREZZA IN GALLERIA

### 9.1. Impianti

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

In particolare, in questa sede, si evidenziano i seguenti aspetti fondamentali:

- 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 in 2 punti antincendio, 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.
- Non sono previsti sistemi di ventilazione forzata, all'interno della galleria; gli impianti di ventilazione sono limitati alla pressurizzazione delle zone-filtro, in corrispondenza delle 3 uscite di sicurezza.

### 9.2. Sicurezza in galleria: esercizio normale e in caso di incendio

Il progetto ha applicato 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 pari a 3393.39, quindi superiore ai 1000 m, sono previste vie di fuga intermedie, collegate ad aree di emergenza esterne accessibili ai mezzi di soccorso che consentiranno l'esodo dei passeggeri in caso di evento incidentale.

Tali uscite di sicurezza sono ubicate come descritto nei precedenti capitoli, in modo da garantire sempre un inter-distanza tra le uscite stesse, o con i portali di imbocco, non superiori ai 1000 m, in modo che qualsiasi punto all'interno della galleria, non risulti mai avere un percorso di esodo superiore ai 500 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.

### 9.3. Resistenza al fuoco

L'importanza socio-economica 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 danneggiamento; allo scopo sono state eseguite le verifiche di resistenza al fuoco riportate nelle relazioni di calcolo delle singole parti d'opera, sia per la Galleria Naturale, che per le Gallerie Artificiali.

## 10. CANTIERIZZAZIONE

### 10.1. Aree di cantiere

Il processo di cantierizzazione deve essere razionalizzato con l'intento di limitare il più possibile, nel tempo e nello spazio, l'incidenza sulle aree circostanti e sulla viabilità ordinaria. Nell'individuare i siti dove collocare i cantieri principali per lo scavo della galleria naturale si devono preferite quelle aree libere più aderenti possibile alle opere da realizzare. Si devono privilegiare quelle con caratteristiche ambientali meno pregiate o addirittura quelle che attualmente versano in uno stato di degrado allo scopo di ridurre al minimo e/o eliminare le potenziali interferenze ambientali. Per lo scavo della galleria naturale si prevedono dunque delle aree per l'installazione dei cantieri di imbocco in prossimità di entrambi i portali.

### 10.2. Smarino

Il materiale di smarino derivante dallo scavo della galleria naturale San Giorgio in Salici verrà trasportato "su gomma" in zone previste per il deposito temporaneo per il successivo trasporto alla sistemazione finale.

### 10.3. Impianto di ventilazione

Per lo scavo della galleria San Giorgio in Salici è previsto l'impiego di impianti di ventilazione progettati secondo le raccomandazioni SIA 196. Il dimensionamento ed il numero dei sistemi di ventilazione sarà tale da garantire un adeguato apporto di aria sul fronte di scavo al fine di ridurre e contenere nei limiti previsti gli agenti inquinanti ed espellere le particelle sospese.

### 10.4. Impianto di aggettamento acque

Su ogni fronte verrà installato un impianto di aggettamento per l'evacuazione all'esterno delle acque torbide durante le diverse fasi di costruzione.