

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 ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17)

Da Pk 147+930.24 a Pk 143+575.24

Relazione sul monitoraggio

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta)	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	A	1	7	0	0	0	0	3	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	Data	
A	Emissione	REGE	30/07/18	MERLINI	30/07/18	30/07/18	30.07.18	
B								
C								



CIG. 751447334A

File: \NOR\1EE2ROGA1700003A_10.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1.	OGGETTO E SCOPO	4
1.2.	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO	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.	SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO	9
4.1.	ASPETTI GENERALI	9
4.2.	MONITORAGGIO DELLA FALDA	9
4.3.	MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI	10
4.4.	MONITORAGGIO DELLE PARATIE PROVVISORIALI	10
5.	CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE	12
5.1.	MIRE OTTICHE	12
5.2.	CAPOSALDI TOPOGRAFICI	13
5.3.	INCLINOMETRI	14
5.4.	CELLE DI CARICO TOROIDALI	14
5.5.	CELLE DI CARICO SUI PUNTONI	14
5.6.	PIEZOMETRI CON CELLA CASAGRANDE	14
6.	VALORI DI SOGLIA	16
6.1.	MONITORAGGIO DELLE PARATIE PROVVISORIALI	16
6.2.	MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI	17
7.	SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA	19
8.	RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	19
8.1.	ELABORAZIONE DEI DATI	19
8.2.	GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	19
8.2.1.	Unità operativa	19

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN0R

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO GA 170 0 003

Rev.
A

Foglio
3 di 20

8.2.2. *Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori* 20

9. CONCLUSIONI 20

1. INTRODUZIONE

1.1. Oggetto e scopo

Oggetto specifico del documento è la descrizione dei monitoraggi, in corrispondenza delle parti d'opera considerate sensibili, previsti nella fase di progettazione esecutiva.

Nel seguito si riporta una descrizione generale dell'opera, la descrizione dettagliata della strumentazione di monitoraggio, le quantità di strumentazione installata, le frequenze di acquisizione e le soglie dei parametri monitorati.

1.2. Breve descrizione del progetto

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 monocanna, a doppio binario con sezione policentrica (GA17).

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.

Il presente documento riguarda in particolare il tratto in artificiale sul lato est, corrispondente alla WBS GA17, che si sviluppa tra le progressive 141+930.24 e 143+575.24 a sud dell'autostrada A4 e risulta di lunghezza complessiva pari a 1645 m, compresi i 9 m della dima in corrispondenza dell'imbocco est della galleria naturale. Planimetricamente, a partire dalla progressiva iniziale in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale, il tracciato è in una curva di raggio 5450 m, che proseguendo, si raccorda con una curva a raggio variabile ad un rettilineo di 128 m. Il rettilineo è a sua volta raccordato, sempre tramite un raccordo parabolico, ad una successiva curva con raggio di 5450 m. La pendenza longitudinale è in salita verso Verona di circa il 4.5 per mille, infine la quota di chiave della calotta è posta ad una profondità variabile tra 1.0 m e 6.0 m dal p.c. nella configurazione finale di ritombamento.

La sezione della galleria è costituita da una sagoma policentrica il cui profilo interno coincide con la sagoma interna della galleria naturale. La tipologia strutturale in esame presenta notevoli vantaggi statici per la favorevole geometria della struttura che consente di ridurre sensibilmente le sollecitazioni flessionali. Tale tipologia pertanto risulta idonea per forti coperture.

Gli scavi sono realizzati interamente senza sostegni ad eccezione dei tratti tra la progressive 142+142 e 142+260 e tra le progressive 142+946.2 e 143+104.23 circa, in cui sono sostenuti da una paratia di pali tirantata e da una doppia paratia di pali contrapposti di grosso diametro.

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 generale IN0R11EE2RBGN0400001.

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GA17 e GA55, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante.

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	F	6	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Profilo geologico e geotecnico
INOR	11	E	E2	R	0	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione generale
INOR	11	E	E2	R	0	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione sul monitoraggio
INOR	11	E	E2	C	L	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione di calcolo opere provvisionali
INOR	11	E	E2	C	L	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione di calcolo opere provvisionali - Allegati numerici
INOR	11	E	E2	C	L	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione di calcolo
INOR	11	E	E2	C	L	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Relazione di calcolo - Allegati numerici
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Planimetria generale (Tav. 1/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Planimetria generale (Tav. 2/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	1	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Planimetria generale (Tav. 3/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	1	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Planimetria generale (Tav. 4/4)
INOR	11	E	E2	F	Z	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Profilo longitudinale, sezione tipo e particolari (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	F	Z	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Profilo longitudinale, sezione tipo e particolari (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 1/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 2/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 3/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 4/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 5/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	006	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 6/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	007	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 7/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	008	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 8/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	009	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 9/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	010	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 10/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	011	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 11/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	012	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 12/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	013	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 13/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	1	014	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Scavi - Sezioni trasversali (Tav. 14/14)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Planimetria generale (Tav. 1/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Planimetria generale (Tav. 2/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Planimetria generale (Tav. 3/4)
INOR	11	E	E2	P	8	GA	17	0	0	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Planimetria generale (Tav. 4/4)
INOR	11	E	E2	F	Z	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Profilo longitudinale e sezioni tipo (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	F	Z	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Profilo longitudinale e sezioni tipo (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 1/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 2/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 3/14)

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GA 170 0 003Rev.
AFoglio
6 di 20

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 4/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 5/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	006	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 6/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	007	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 7/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	008	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 8/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	009	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 9/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	010	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 10/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	011	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 11/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	012	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 12/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	013	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 13/14)
INOR	11	E	E2	W	9	GA	17	0	0	014	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali (TAV. 14/14)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 1/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 2/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 3/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 4/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 5/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	006	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 6/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	007	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 7/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	008	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 8/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	5	009	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Pianta piano ferro, sezione longitudinale e vista dall'alto (TAV. 9/9)
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisionali - Paratia Pk 142+946.20÷Pk 143+104.23 - Pianta
INOR	11	E	E2	F	9	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisionali - Paratia Pk 142+946.20÷Pk 143+104.23 - Profilo
INOR	11	E	E2	W	Z	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisionali - Paratia Pk 142+946.20÷Pk 143+104.23 - Sezioni
INOR	11	E	E2	W	Z	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisionali - Paratia Pk 142+946.20÷Pk 143+104.23 - Sezioni tipo e particolari
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo corrente - carpenteria e particolari costruttivi (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	B	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo corrente - carpenteria e particolari costruttivi (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo con nicchie - Carpenteria e particolari costruttivi (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo con nicchie - Carpenteria e particolari costruttivi (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	9	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sistema di impermeabilizzazione - Sezione tipo e particolari costruttivi
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 6 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 7 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Conci 10-11-48-49 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 12 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Conci 1-2-3-4-5-8-9-13-17-38-39-51-52-53-54-55-56-62-63-64 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	007	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Conci 59-60-61-65-66 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	009	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 18 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	010	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 47 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	011	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 50 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	012	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 57 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	013	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 58 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	014	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 67 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	015	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 68 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	016	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 27 - Carpenteria

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GA 170 0 003Rev.
AFoglio
7 di 20

CODICE											DESCRIZIONE
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezioni tipo P1 - Armatura
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	006	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezioni tipo P2 - Armatura
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	007	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezioni tipo P3 - Armatura
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	008	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezioni tipo P3bis - Armatura
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	009	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo nicchie NLF+HP+FG+TT+ST+LD+AN - Armatura
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	010	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Sezione tipo nicchie BTS+TT - Armatura
INOR	11	E	E2	P	Z	GA	17	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Planimetria, sezioni e particolari
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	018	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Carpenteria - Piante, sezioni e dettagli (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Carpenteria - Piante, sezioni e dettagli (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	B	B	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Carpenteria - Prospetti
INOR	11	E	E2	B	B	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Armatura (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	B	GA	17	0	0	004	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Uscita di sicurezza Pk 142+847.88 - Armatura (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GA	17	0	1	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Fasi esecutive - Planimetria (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Fasi esecutive - Planimetria (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	P	Z	GA	17	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Monitoraggio - Planimetria e sezioni
INOR	11	E	E2	4	T	GA	17	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Tabella materiali
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	019	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Conci 43-44-45-46 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	021	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Conci 14-20-21-22-23-24-25-26-28-29-30-31-32-33-34-35-40 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	022	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 19 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	023	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 37 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	024	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 42 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	025	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 15 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	026	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 16A - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	027	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 16B - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	028	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 36 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	B	A	GA	17	0	0	029	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Concio 41 - Carpenteria
INOR	11	E	E2	P	9	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisoriale - Paratia per salvaguardia edificio Pk 142+200 - Pianta
INOR	11	E	E2	F	9	GA	17	0	1	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisoriale - Paratia per salvaguardia edificio Pk 142+200 - Profilo e Sezioni
INOR	11	E	E2	W	Z	GA	17	0	1	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Opere provvisoriale - Paratia per salvaguardia edificio Pk 142+200 - Sezioni tipo e particolari
INOR	11	E	E2	B	B	GA	17	0	0	005	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST (GA17) - Da Pk 141+930.24 a Pk 143+575.24 - Timpano concio 68 - Armatura e particolari
INOR	11	E	E2	P	Z	GA	55	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Planimetria, sezioni e particolari
INOR	11	E	E2	B	A	GA	55	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Carpenteria - Piante, sezioni e dettagli (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	Z	GA	55	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Carpenteria - Piante, sezioni e dettagli (Tav. 2/2)
INOR	11	E	E2	B	B	GA	55	0	0	001	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Carpenteria - Prospetti
INOR	11	E	E2	B	B	GA	55	0	0	002	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Armatura (Tav. 1/2)
INOR	11	E	E2	B	B	GA	55	0	0	003	GALLERIA ARTIFICIALE SAN GIORGIO IN SALICI EST USCITA DI SICUREZZA (GA55) - Pk 141+982.97 - Armatura (Tav. 2/2)



3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

3.1. Normative

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

- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **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.
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)
- **AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.** Raccomandazioni

3.2. Specifiche tecniche di riferimento

La presente revisione progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- 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. SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

4.1. Aspetti generali

La galleria artificiale GA17 è in continuità con la galleria naturale GN04 e sarà realizzata mediante un'unica sezione scatolare policentrica.

I terreni di fondazione sono caratterizzati da buone caratteristiche meccaniche, e le principali problematiche sono quindi connesse con la realizzazione degli scavi provvisori a cielo aperto, che raggiungono un'altezza massima di circa 17.5 m, e alla realizzazione dei due tratti di scavo protetti con la paratia tirantata e la doppia paratia di pali contrapposti.

Un altro aspetto di rilievo per il monitoraggio dell'opera riguarda il livello di falda che per quasi tutto il tratto interessato è prossimo al piano campagna. Al fine di abbassare il livello di falda al di sotto del piano di scavo è prevista la realizzazione di pozzi di drenaggio del diametro di 800 mm e lunghezza di 28/30 m posti ai lati della trincea di scavo. Per i dettagli si rimanda alla Relazione sulle Condizioni idrogeologiche e sistema di aggotamento per l'abbassamento della falda IN0R11EE2RIGN0400001 e agli specifici elaborati di progetto.

Al fine di validare le ipotesi progettuali è previsto un apposito sistema di monitoraggio per la verifica sperimentale delle condizioni in corso d'opera. La strumentazione installata avrà quindi lo scopo di monitorare la stabilità degli scavi e delle opere provvisorie di sostegno, eventuali ripercussioni sugli edifici più prossimi agli scavi e il livello della falda in corrispondenza degli scavi stessi. Per quanto riguarda le interferenze con l'autostrada A4, in questa tratta gli scavi della galleria artificiale si sviluppano a nord di essa ad una distanza tale da non poter creare problematiche alla sede stradale, non sono quindi previsti monitoraggi specifici a riguardo.

Nel seguito viene descritto il sistema di monitoraggio delle strutture di perimetrazione e delle zone retrostanti, individuandone le caratteristiche, la cadenza delle misure contestualmente alle fasi esecutive e i relativi valori di soglia.

4.2. Monitoraggio della falda

Al fine di monitorare l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno delle opere da realizzare, si prevede l'installazione di 18 piezometri con cella Casagrande (9 sul lato sinistro e 9 sul lato destro degli scavi). I piezometri verranno collocati su entrambi i lati degli scavi, in prossimità del ciglio di scavo, l'esatta ubicazione della strumentazione è riportata sull'apposito elaborato grafico Monitoraggio - Planimetria e sezioni IN0R11EE2PZGA1700003.

Durante gli scavi, dovranno essere eseguite delle misure della portata di emungimento e contestualmente dovranno essere effettuati controlli del livello piezometrico all'esterno dello scavo.

La lunghezza dei piezometri risulta variabile in modo da installare la cella Casagrande a circa 2 m al di sotto della quota di fondo scavo.

La frequenza delle letture è correlata al cronoprogramma dei lavori ed in particolare alle fasi di scavo. Indicativamente si può prospettare quanto segue:

- durante le fasi di realizzazione delle opere provvisorie e di scavo le letture piezometriche dovranno essere effettuate con cadenza settimanale;

- a regime la frequenza delle letture può essere rarefatta a cadenza mensile fino al completamento delle strutture scatolari interne ed al ritombamento degli scavi.

Il programma delle letture dovrà comunque essere tarato in cantiere sulla base dell'effettivo sviluppo delle fasi esecutive e sulla base dei riscontri desumibili dai primi rilievi strumentali.

4.3. Monitoraggio degli edifici

Il ciglio degli scavi a cielo aperto si estende in alcuni punti fino nei pressi di civili abitazioni. Il fattore di sicurezza relativo alla stabilità dei versanti di scavo è tale per cui si possono comunque escludere spostamenti significativi in superficie in corrispondenza degli edifici.

Verrà comunque predisposto un sistema di monitoraggio per valutare eventuali spostamenti in corrispondenza degli edifici più vicini agli scavi. I monitoraggi previsti sono i seguenti:

- 2 caposaldi topografici in corrispondenza del ciglio degli scavi, per ogni edificio interessato, per un totale di 10 caposaldi installati;
- dei caposaldi topografici per la livellazione in corrispondenza degli spigoli di ogni edificio, per un totale di 28 caposaldi installati sui 5 edifici da monitorare.

Gli edifici monitorati si trovano alla progressiva 142+060, 142+200, 142+325, 142+900 e 143+120 circa. L'ubicazione della strumentazione è riportata sull'apposito elaborato grafico.

Le misure si eseguiranno con la seguente frequenza:

- Letture giornaliere durante gli scavi.
- Letture settimanali a regime fino al completamento delle strutture scatolari interne ed al ritombamento degli scavi.

4.4. Monitoraggio delle paratie provvisionali

La paratia provvisoria prevista a salvaguardia dell'edificio alla progressiva 142+200 circa, sarà monitorata con la seguente strumentazione:

- mire ottiche sulla trave di collegamento di testa dei pali
- mire ottiche sulle travi di ripartizione dei tiranti
- celle di carico toroidali sui tiranti
- inclinometro a tergo della paratia

in particolare è prevista ogni 15-20 metri ca. l'installazione di mire ottiche sulla trave di collegamento di testa dei pali e sulle travi di ripartizione dei tiranti per un totale di 18 mire ottiche. È inoltre prevista l'installazione di 2 celle di carico in corrispondenza dei tiranti del primo ordine e due per quelli del secondo, nel tratto con la maggiore altezza di scavo, e di un inclinometro a tergo della paratia.

La geometria di installazione della strumentazione è riportata negli elaborati specifici IN0R11EE2PZGA1700003 ed illustrata in Figura 4.1.

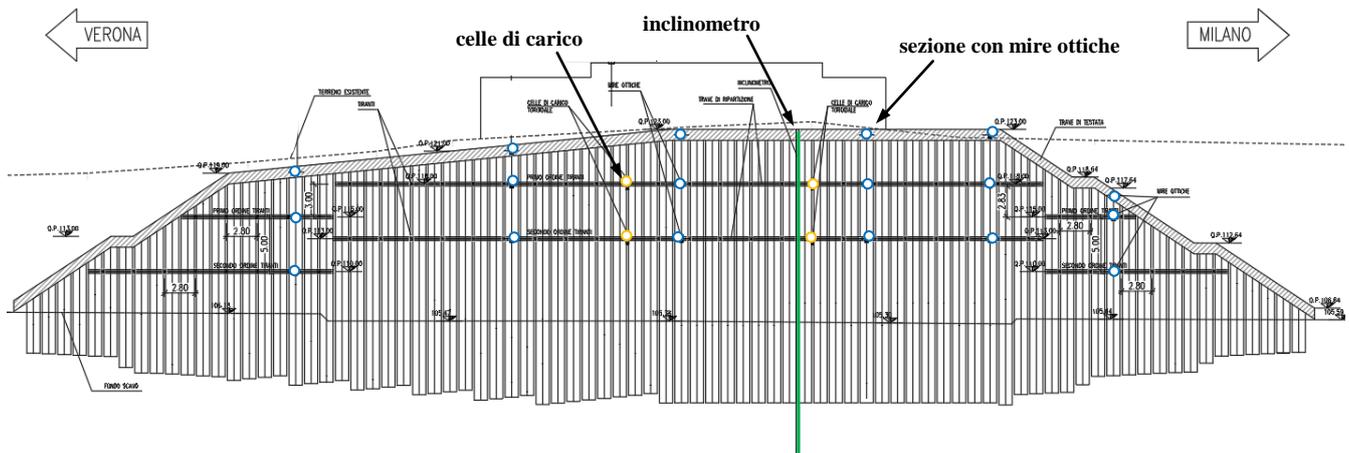


Figura 4.1 – Strumentazione di monitoraggio sulla paratia a protezione dell'edificio alla pk 142+200.

Le misure di tutta la strumentazione si eseguiranno con la seguente frequenza:

- Letture giornaliere durante gli scavi e la realizzazione della struttura della galleria artificiale;
- Letture settimanali fino al completo ritombamento degli scavi.

La paratia provvisoria prevista tra le progressive 142+946 e 143+105 ca. sarà monitorata con la seguente strumentazione:

- mire ottiche sulla trave di collegamento di testa dei pali
- mire ottiche sulla trave di ripartizione del secondo ordine di puntoni e dei tiranti
- celle di carico toroidali sui tiranti
- celle di carico sui puntoni

In particolare nel tratto di doppia paratia di pali contrapposti sono previste delle sezioni di monitoraggio composte da 4 (2+2 per lato di paratia) mire ottiche posizionate in corrispondenza della trave di collegamento dei pali, ovvero della trave di ripartizione del primo ordine di puntoni, e della trave di ripartizione del secondo ordine di puntoni. Queste sezioni verranno installate ogni 20 metri, per un totale di 7 sezioni. Inoltre, in corrispondenza delle file di puntoni 1 e 15, partendo dal lato verso Milano, verranno installate in totale 4 celle di carico sui due ordini di puntoni (2+2, per ogni sezione una cella di carico in corrispondenza di ogni puntone).

In corrispondenza dei quattro risvolti laterali della paratia, per ogni tratto, verranno installate 2 mire ottiche sulla trave di collegamento dei pali e 2 mire ottiche in corrispondenza della trave di ripartizione dei tiranti. Il tirante più interno allo scavo verrà inoltre attrezzato con una cella di carico toroidale.

La geometria di installazione della strumentazione è riportata negli elaborati specifici IN0R11EE2PZGA1700003 ed illustrata in .

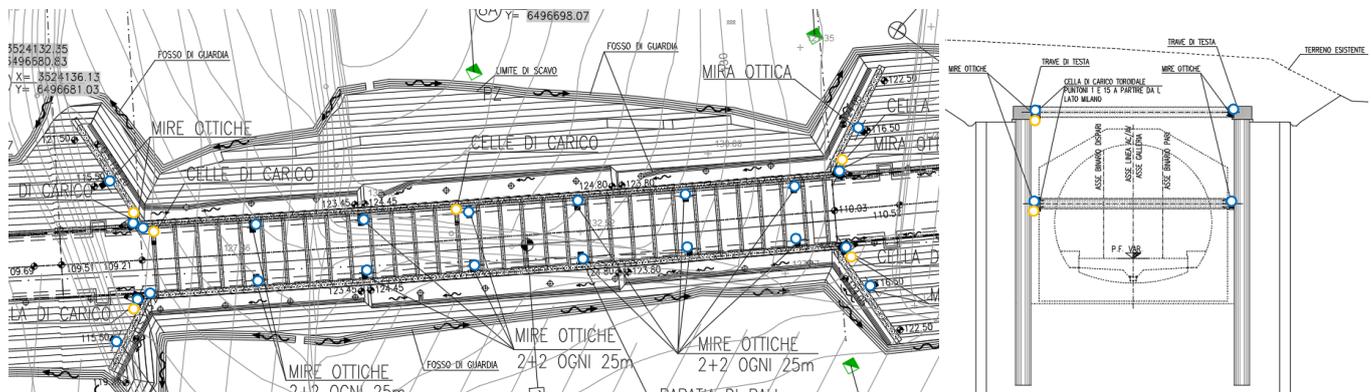


Figura 4.2 - Strumentazione di monitoraggio sulla doppia paratia di pali contrapposti tra le pk 142+946 e 143+105.

Le misure di tutta la strumentazione si eseguiranno con la seguente frequenza:

- Letture giornaliere durante gli scavi
- Letture giornaliere fino alla completa realizzazione della struttura della galleria artificiale nel tratto della doppia paratia di pali contrapposti e lettura settimanali in seguito alla realizzazione della struttura e fino al ritombamento dell'opera
- Letture settimanali a regime fino al completamento delle strutture scatolari ed al ritombamento degli scavi per i risvolti laterali della paratia

5. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE

5.1. Mire ottiche

Le mire ottiche per il monitoraggio dovranno essere dei target riflettenti con croce di mira delle dimensioni minime di 50x50 mm. I target potranno essere montati su un supporto plastico ancorato alla struttura mediante un tassello o barra metallica filettata inghisata, oppure potranno essere di tipo adesivo ed applicati direttamente sulla struttura da monitorare.

Le misure dovranno essere eseguite con stazioni totali automatiche con precisione delle letture angolari a norma ISO 17123-3 di 1.5 cc e precisione di misura delle distanze a norma ISO 17123-4 di 1 mm + 1 ppm, e provviste di regolare certificato di calibrazione.



Figura 5.1 – Esempio di target topografico riflettente su supporto in plastica.

Le mire ottiche dovranno essere installate prima dell'esecuzione dei relativi scavi da monitorare e dovrà essere eseguita una lettura di zero subito dopo l'installazione. Sui fabbricati da monitorare l'installazione delle mire dovrà essere effettuata prima dell'inizio dei lavori e in concomitanza con l'esecuzione dello stato di consistenza del fabbricato stesso, mentre sulle opere di contenimento le mire dovranno essere installate una volta ultimata la parte di struttura sulla quale devono essere posizionate, prima dell'ulteriore approfondimento degli scavi. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

5.2. Caposaldi topografici

I caposaldi topografici per il monitoraggio dovranno essere costituiti da una vite in acciaio inox, con testa sferica del diametro di 10 mm e della lunghezza di 400 mm, o prolungata tramite una barra metallica filettata, inserita all'interno di un foro del diametro di 100 mm e profondità di 400 mm riempito con boiaccia cementizia. Sulla testa della vite dovrà essere presente un'apposita scalfittura per le operazioni di misurazione. In Figura 5.2 è riportato uno schema dei caposaldi topografici.

Le misure dovranno essere eseguite con strumentazione avente le caratteristiche del punto precedente ed utilizzando una palina topografica dotata di miniprisma, o posizionando dei cavalletti topografici sui punti di lettura.

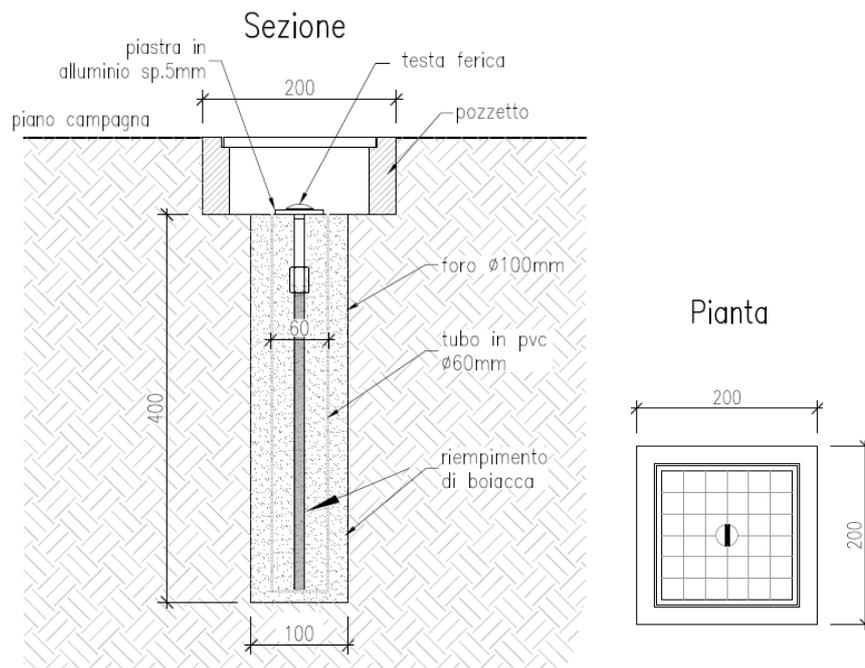


Figura 5.2 – Caposaldi topografici per il monitoraggio.

I caposaldi topografici e la relativa lettura di zero dovranno essere realizzati prima dell'inizio degli scavi da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla realizzazione del caposaldo, in modo da escludere eventuali assestamenti. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

I caposaldi per le letture topografiche di livellazione devono essere costituiti da un apposito perno in acciaio per le letture di livellazione, fissato con un tassello resinato alla struttura da monitorare.

I caposaldi per le misure di livellazione e la relativa lettura di zero dovranno essere realizzati prima dell'inizio dei lavori di scavo. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

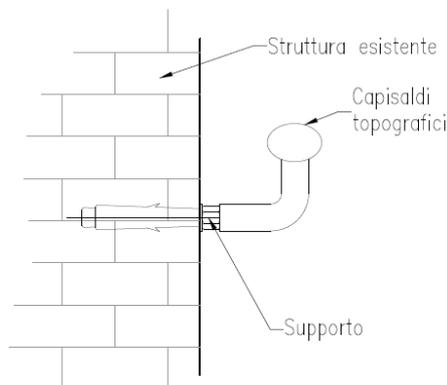


Figura 5.3 - Caposaldi topografici per la livellazione.

5.3. Inclinometri

Le misure dovranno essere eseguite all'interno di appositi tubi scanalati del diametro interno di 60 mm e cementati lungo l'intera lunghezza. Le misure dovranno essere eseguite ad ogni metro di profondità attraverso una sonda inclinometrica biassiale centrata nella tubazione attraverso una coppia di rotelle di guida. Il range di misura della sonda deve essere di almeno $\pm 20^\circ$ e l'accuratezza delle misure di almeno lo 0.05% del fondo scala.

L'installazione degli inclinometri e la relativa lettura di zero devono essere effettuati prima dell'inizio dei lavori di scavo da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla completa realizzazione del tubo inclinometrico, in modo da escludere eventuali assestamenti.

5.4. Celle di carico toroidali

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nei tiranti dovranno essere posizionate in testa ai tiranti, tra una piastra di appoggio e la piastra di distribuzione del carico del tirante. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di 2500 kN e una sensibilità di almeno 0.06 % del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all'installazione del tirante, prima dell'esecuzione di ulteriori lavorazioni.

5.5. Celle di carico sui puntoni

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nei puntoni dovranno essere posizionate su un lato in testa ai puntoni, tra la trave di ripartizione e la piastra di appoggio del puntone stesso. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di almeno 5000 kN e una sensibilità di almeno 0.06 % del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all'installazione del tirante, prima dell'esecuzione di ulteriori lavorazioni.

5.6. Piezometri con cella Casagrande

I piezometri Casagrande dovranno essere provvisti di due tubi accoppiati e collegati alla cella porosa. La cella dovrà essere isolata tramite la realizzazione di un tappo bentonitico nel tratto di tubazione al di sopra di essa. La tubazione dovrà inoltre essere cementata sull'intera lunghezza. Le letture dovranno essere eseguite attraverso una sonda removibile con trasduttore di pressione. La sonda dovrà poter misurare pressioni massime di almeno 200 kPa ed avere una sensibilità pari allo 0.05% del fondo scala. I piezometri dovranno inoltre essere dotati di un'apposita protezione con coperchio in testa. I piezometri dovranno essere realizzati prima dell'inizio dei lavori di scavo.

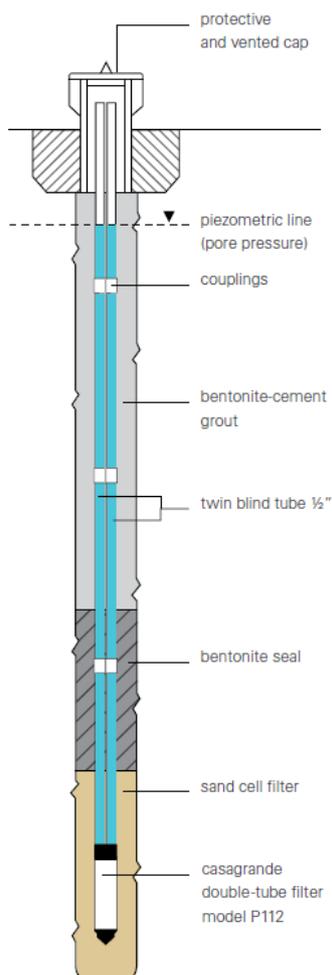


Figura 5.4 – Schema di un piezometro Casagrande.

6. VALORI DI SOGLIA

Di seguito si riportano i valori di soglia relativi alla strumentazione installata.

6.1. Monitoraggio delle paratie provvisionali

In Tabella 6.1 si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti delle mire ottiche installate sulla paratia di pali tra le progressive 141+930.24 e 143+575.24 ca.

Mire ottiche	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Sul cordolo di collegamento dei pali	10 mm	15 mm
Sulla trave di ripartizione del secondo ordine di puntoni	10 mm	15 mm
Sull trave di ripartizione dei tiranti	10 mm	15 mm

Tabella 6.1 – Valori di soglia relativi agli spostamenti delle mire ottiche sulla paratia provvisoria.

In Tabella 6.2 si riportano i valori di soglia relativi alla forza nei tiranti, misurati dalle celle di carico della paratia di pali.

Celle di carico	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
nei tiranti	600 kN	750 kN
nei puntoni	4000 kN	4500 kN

Tabella 6.2 - Valori di soglia relativi alla forza misurata dalle celle di carico.

In Tabella 6.3 si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti dei caposaldi topografici installati a tergo della paratia di pali alla progressiva 140+180 ca. Gli spostamenti sono da intendersi sia in planimetria sia in quota.

Caposaldi topografici	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
	5.0 mm	10.0 mm

Tabella 6.3 – Valori di soglia relativi agli spostamenti dei caposaldi topografici a tergo della paratia a salvaguardia dell'edificio alla progressiva 142+200.

L'inclinometro alla progressiva 142+190 ca. non deve evidenziare la presenza di superfici di scorrimento all'interno del fronte di scavo. In Tabella 6.4 si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti puntuali misurati dall'inclinometro posizionato sul ciglio della scarpata.

Inclinometro	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
	2.0 mm	5.0 mm

Tabella 6.4 - Valori di soglia relativi agli spostamenti puntuali misurati dall'inclinometro posizionato sul ciglio della scarpata.

I valori di soglia precedenti si riferiscono a spostamenti orizzontali con una direzione compatibile con la geometria degli scavi da monitorare.

6.2. Monitoraggio degli edifici

Dai risultati delle analisi di stabilità di versante relative agli scavi a cielo aperto si ricavano dei fattori di sicurezza maggiori di 1.55. Considerati gli elevati fattori di sicurezza si possono escludere fenomeni deformativi rilevanti in corrispondenza degli edifici prossimi agli scavi. Ciononostante, come precedentemente illustrato verranno monitorati 4 edifici nelle vicinanze degli scavi a cielo aperto. Gli edifici da monitorare sono di tipo civile o fabbricati rurali. In Tabella 6.5 sono riportati i valori di soglia relativi agli spostamenti misurati dai caposaldi topografici di livellazione.

Caposaldi topografici di livellazione	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Spostamento verticale	1.5 mm	3 mm

Tabella 6.5 - Valori di soglia relativi agli spostamenti verticali dei caposaldi topografici di livellazione posizionati sugli edifici.

In Tabella 6.6 sono invece riportati i valori di soglia relativi ai caposaldi posizionati in corrispondenza del ciglio degli scavi.

Caposaldi topografici	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Spostamento	2 mm	5 mm

Tabella 6.6 - Valori di soglia relativi agli spostamenti dei caposaldi topografici in corrispondenza del ciglio degli scavi.

Per quanto riguarda l'edificio alla progressiva 142+200, la cui salvaguardia è garantita dalla paratia di pali, esso è costituito da una struttura in cemento armato di un piano con mansarda fuori terra e un piano interrato.

In Figura 6.1 sono riportati i cedimenti del terreno a seguito dello scavo in condizioni di Stato Limite di Esercizio, stimati secondo la teoria di Boone & Westland (2006). In testa alla paratia si raggiungono cedimenti dell'ordine di 2 mm, mentre in corrispondenza dell'edificio i cedimenti raggiungono un massimo di circa 4.5 mm. Considerando il caso peggiore, ovvero che siano unicamente presenti 3 pilasti nella struttura, a circa 9.5, 19 e 28 metri dalla paratia, i valori massimi di rotazione relativa e di inflessione che si raggiungono nella struttura sono pari a 0.00043 e a 0.000095, dunque compatibili con una struttura in cemento armato.

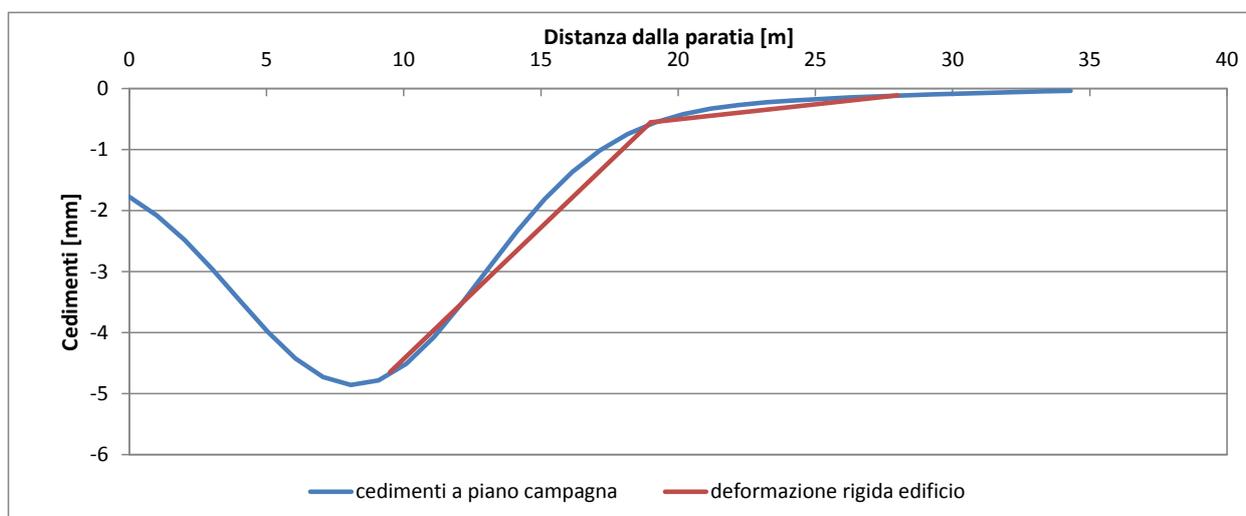


Figura 6.1 – Cedimenti del terreno allo SLE stimati secondo la teoria di Boone & Westland.

In Tabella 6.7 si riportano i valori di soglia relativi agli spostamenti dei caposaldi topografici installati sull'edificio, in particolare vengono forniti i valori di soglia per i massimi spostamenti verticali e per il rapporto di inflessione e la distorsione angolare (rotazione relativa) valutati come in Figura 6.2.

Mire ottiche	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Spostamento verticale	4.5 mm	6.0 mm
Rapporto di inflessione	0.0005	0.008
Distorsione angolare	0.0005	0.001

Tabella 6.7 - Valori di soglia relativi agli spostamenti delle mire ottiche sull'edificio alla progressiva 140+180 ca.

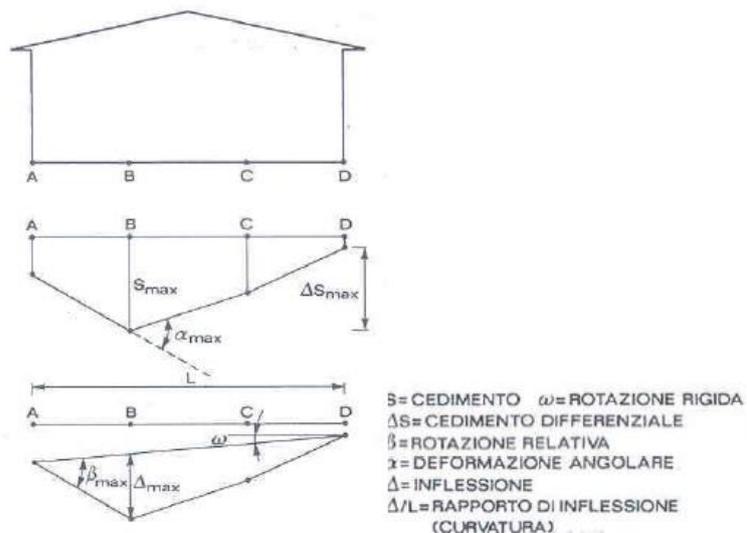


Figura 6.2 – Schema rappresentazione dei cedimenti di un edificio.

7. SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA

In caso di superamento delle soglie di attenzione da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, la frequenza delle letture andrà incrementata per poter rilevarne l'evoluzione nel tempo e confermare il dato misurato. Potrà inoltre venire installata della strumentazione aggiuntiva per una miglior definizione del fenomeno.

In caso l'evoluzione dei valori misurati tenda ai valori definiti dalle soglie di allarme, le operazioni di scavo dovranno essere interrotte e si dovrà continuare il monitoraggio finché non verranno definiti gli interventi addizionali da eseguire.

Qualora vengano invece raggiunti i valori di soglia di allarme da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, le misure dovranno essere ripetute e bisognerà confermarne l'attendibilità. In seguito alla conferma dei valori misurati gli scavi dovranno essere immediatamente interrotti e si dovrà procedere al ritombamento degli stessi ed alla successiva progettazione di un intervento integrativo per il ripristino degli standard di sicurezza.

8. RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

8.1. Elaborazione dei dati

I dati ottenuti dalle misurazioni di monitoraggio devono essere gestiti mediante dei software adeguati per consentire una corretta elaborazione e restituzione dei risultati.

I software impiegati dovranno fornire, sia in formato numerico che sotto forma di grafici cartesiani, le grandezze necessarie per l'immediata interpretazione ingegneristica delle misure eseguite.

8.2. Gestione del sistema di monitoraggio

Per ottenere una corretta gestione del sistema di monitoraggio si prevede una struttura organizzativa delle attività costituita dalle seguenti unità:

- unità operativa,
- unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.

8.2.1. Unità operativa

L'unità operativa avrà il compito di:

- eseguire le misure in campo;
- effettuare l'elaborazione e restituzione dei dati;
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale;
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori ed agli utenti remoti;
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I dati forniti dovranno essere convalidati dal punto di vista strumentale da parte dell'unità operativa.

La struttura fornirà inoltre informazioni, grafici o tabelle a differenti livelli di dettaglio inerenti il sistema di monitoraggio a utenti remoti, secondo modalità operative che verranno definite e concordate con i progettisti dell'opera.

8.2.2. *Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori*

L'unità di supporto tecnico avrà il compito di fornire l'interpretazione ingegneristica dei dati forniti dall'unità operativa e di verificarne la corrispondenza con le ipotesi progettuali.

9. CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio previsto per la realizzazione della galleria artificiale San Giorgio in Salici est è strutturato per controllare il comportamento delle opere di sostegno e degli scavi a cielo aperto e della loro possibile interferenza con le strutture esistenti.

Il piano delle misure è costituito da:

- Misure di deformazione nei terreni prossimi alle paratie o agli scavi a cielo aperto con caposaldi topografici;
- Misure di deformazione orizzontale dei pali alla quota dei puntoni o dei tiranti con mire ottiche;
- Misure di deformazione dei pali alla quota di sommità con mire ottiche sul cordolo di testa;
- Controllo della forza nei puntoni e del tiro nei tiranti sulle paratie con celle di carico;
- Misure della falda con piezometri con cella Casagrande;
- Misura degli spostamenti sugli edifici interferenti con mire ottiche;

Il monitoraggio viene attuato in corso d'opera, in concomitanza con gli scavi e la realizzazione delle opere e fino a ritombamento finale. Le azioni correttive, in caso di superamento dei valori di soglia, consistono nella definizione di più accelerate frequenze di lettura, nella variazione della sequenza di scavo, nell'incremento dei consolidamenti e dei supporti sulle paratie, e nell'abbassamento dei livelli di falda.