

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
Dott. Ing. PAOLO CUCINO  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

## PROGETTO ESECUTIVO

**PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"**

RELAZIONE

08 - GALLERIE

M-FINESTRA FUNES E GALLERIA DI SFOLLAMENTO

IMBOCCO FINESTRA FUNES

Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio		-

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

I B O U    1 A    E    Z Z    R H    G A 0 6 0 0    0 0 2    C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	M.Ingianni	18/10/2021	A.Arighi	19/10/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/10/2021	IL PROGETTISTA  03/04/2022
B	Revisione a seguito di istruttoria ITF – IBOU-RV-0000000055	M.Ingianni	20/12/2021	A.Valente	21/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	22/12/2021	
C	Revisione a seguito di istruttoria ITF – IBOU-RV-0000000077	L. Terrasi	31/03/2022	A.Valente	01/04/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	02/04/2022	

n. Elab.:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco		IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	1 di 13

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. MONITORAGGIO .....</b>	<b>2</b>
2.1 MONITORAGGIO SUPERFICIALE ESTERNO .....	2
2.2 MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....	3
<b>3. SPECIFICHE TECNICHE: STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>3</b>
3.1 MONITORAGGIO DEL PENDIO.....	3
3.1.1 Capisaldi topografici.....	4
3.1.2 Inclinometri .....	4
3.1.3 Estensimetri multibase.....	5
3.1.4 Frequenze di lettura.....	5
3.1.5 Array MEMS .....	6
3.2 MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....	6
3.2.1 Mire ottiche.....	6
<b>4. SOGLIE DI ATTENZIONE E SOGLIE DI ALLARME .....</b>	<b>7</b>
4.1 QUANTIFICAZIONE DEI VALORI DI SOGLIA.....	8
4.1.1 SOGLIE PER MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....	8
4.1.2 SOGLIE PER MONITORAGGIO DI SUPERFICIE .....	9
<b>5. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>9</b>
5.1 ELABORAZIONE DATI.....	9
5.2 PIATTAFORMA WEB – GIS PER VISUALIZZAZIONE E RACCOLTA DATI DI MONITORAGGIO .....	10
5.3 GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	10
5.4 UNITÀ OPERATIVA.....	11
5.5 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ELABORAZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI.....	11
5.6 MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE.....	11
5.7 MONITORAGGIO GEOTECNICO .....	12

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IBOU	1AEZZ	RH	GA0600002	C	2 di 13

## 1. PREMESSA

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 , la presente relazione descrive il piano di monitoraggio che dovrà essere posto in opera per le opere di imbocco della Finestra di Funes in fase temporanea.

La Finestra di Funes è una galleria a canna singola; l'imbocco è situato in corrispondenza dell'abitato di Funes (BZ), in riva sinistra del Fiume Isarco, a valle del tracciato della SP27, ad una quota di circa 530m slm.

Il versante su cui si innesta l'opera consiste parzialmente in rilevato di origine antropica (su cui insistono la SP27 e la A22) che poggiano su depositi alluvionali recenti.

Il sistema di monitoraggio ha lo scopo di fornire informazioni nell'ambito del rilevamento delle deformazioni del terreno e della piattaforma stradale sovrastante e delle opere di imbocco durante l'esecuzione delle stesse e lo scavo del primo concio; nel seguito, sono presentate le architetture del sistema nonché le specifiche tecniche della strumentazione da utilizzare..

## 2. MONITORAGGIO

### 2.1 MONITORAGGIO SUPERFICIALE ESTERNO

Al fine di verificare il comportamento tensio-deformativo del terreno indotto dallo scavo delle opere di sostegno e del primo concio di galleria, il monitoraggio superficiale è caratterizzato da sezioni topografiche strumentate, predisposte per il monitoraggio dei cedimenti superficiali e del volume di subsidenza, sezioni complete tipo 1, che prevedono alcuni ulteriori strumenti rispetto alle sezioni topografiche e array MEMS che consentono misurazioni in tempo reale sul comportamento del terreno e dei manufatti.

Le sezioni topografiche sono costituite da capisaldi topografici posti sul tracciato della deviazione della SP27. Sono previste n.2 sezioni topografiche poste rispettivamente a distanza di variabile dall'asse della paratia di imbocco (in corrispondenza dei cigli della deviazione provvisoria) mentre la stazione totale dovrà essere posta a distanza sufficiente affinché le misurazioni non siano affette da disturbi causati dalle attività di scavo.

Le sezioni complete tipo 1 prevedono, in aggiunta alle topografiche, due inclinometri posti lateralmente alla galleria, spinti fino ad una profondità di almeno 5 m sotto l'arco rovescio, un estensimetro multibase, posto in chiave calotta, allo scopo di monitorare il comportamento dell'ammasso in funzione anche della acclività del terreno.

Gli array MEMS sono realizzati con segmenti rigidi in acciaio su cui sono applicati i sensori (MEMS, microprocessore e sensore di temperatura) interconnessi da elementi flessibili; questi possono essere alloggiati in rivestimenti in PVC o cementati in foro o disposti su profilo di intradosso della galleria stessa; durante i monitoraggi descritti nel seguito si farà riferimento ai MEMS previsti per il monitoraggio in fase di scavo dell'imbocco e del primo concio, quindi si farà riferimento solo al primo di questi layout (array verticale – interasse sensori 0.50m)

La quota assoluta della testa degli strumenti dovrà essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza minima da stabilire.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	3 di 13

## 2.2 MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

Al fine di misurare le componenti di spostamento indotte sull'opera di sostegno presente all'imbocco della Finestra di Funes, da confrontare con quanto previsto in progetto, si prevede la realizzazione di un monitoraggio topografico con:

- n 3 mire ottiche sulla parte sommitale del palo (al di sotto della trave di coronamento della paratia) nella parete centrale;
- n 3 mire ottiche sulla parte sommitale del palo (al di sotto della trave di coronamento della paratia) nella parete laterale di destra;
- n 3 mire ottiche sulla parte sommitale del palo (al di sotto della trave di coronamento della paratia) nella parete laterale di sinistra;
- n 2 mire ottiche ad una quota inferiore -1.50m (al di sotto della trave di coronamento e del precedente allineamento) nella parete centrale, sui pali prossimi ai pali d'angolo;
- n 2 mire ottiche ad una quota inferiore -1.50m (al di sotto della trave di coronamento e del precedente allineamento) nella parete laterale di destra, sui pali indicati nell'elaborato di progetto;
- n 2 mire ottiche ad una quota inferiore -1.50m (al di sotto della trave di coronamento e del precedente allineamento) nella parete laterale di sinistra, sui pali indicati nell'elaborato di progetto;
- n 4 mire ottiche a metà altezza libera del palo, quota 539m slm circa, sui medesimi pali della parete laterale di destra strumentati in prossimità del coronamento, sui pali indicati nell'elaborato di progetto;
- n 4 mire ottiche a metà altezza libera del palo, quota 539m slm circa, sui medesimi pali della parete laterale di sinistra strumentati in prossimità del coronamento, sui pali indicati nell'elaborato di progetto;

Per un totale di n. 23 mire disposte come riportato sugli elaborati progettuali.

## 3. SPECIFICHE TECNICHE: STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Si riportano di seguito la descrizione degli strumenti utilizzati per il monitoraggio dall'esterno delle gallerie di progetto e le relative specifiche tecniche.

### 3.1 MONITORAGGIO DEL PENDIO

Si prevede l'installazione dei seguenti strumenti:

- Capisaldi topografici per la misura dei cedimenti in superficie;
- Inclinatori per la valutazione della distribuzione degli spostamenti orizzontali con la profondità e l'individuazione della posizione di un potenziale piano di scivolamento lungo il pendio;
- Estensimetri multibase per la valutazione della deformazione assiale in asse alla galleria.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco		IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	4 di 13

### 3.1.1 Capisaldi topografici

Il monitoraggio topografico con capisaldi consente il controllo plano-altimetrico dell'area superficiale del pendio potenzialmente interessata dai cedimenti.

È il sistema più semplice e veloce per monitorare gli spostamenti di punti facilmente accessibili e quindi monitorabili in modo discontinuo.

I capisaldi sono costituiti da barre cementate in pozzetti aventi testa sferica, su cui può essere montata a scadenze prestabilite l'attrezzatura per il rilievo delle quote del punto in riferimento alla costruzione o alla realizzazione di un'opera.

Le mire ottiche sono installate sul piano campagna lungo sezioni trasversali all'asse della galleria. Per ciascuna sezione topografica strumentata sono previste 9 mire, disposte con passo costante. Le letture saranno effettuate manualmente, con cadenza dipendente dalla distanza della strumentazione dal fronte.

### 3.1.2 Inclinatori

Nelle sezioni complete tipo 1 i tubi inclinometrici sono disposti in numero di 2 secondo la distribuzione indicata negli elaborati grafici. I tubi, di diametro esterno 71 mm e diametro interno 60 mm, saranno dotati di apposito tappo di fondo e chiusino di superficie per poter permettere le letture manuali nel tempo secondo quanto stabilito dall'apposito piano.

La sonda inclinometrica sarà composta da un corpo in acciaio inossidabile munito di due coppie di rotelle a bilanciere con interasse di 500 mm e connettore subacqueo per collegamento al cavo operativo.

Le caratteristiche della sonda sono riepilogate di seguito:

- Sensore: biassiale a servo-accelerometri
- Campo di misura:  $\pm 30^\circ$
- Segnale in uscita:  $\pm 5V @ FS$
- Tensione di alimentazione: da  $\pm 12.5$  a  $\pm 15V DC$
- Risoluzione: 0.01mm su 500mm (equivalente a  $2 \times 10^{-5}$  rad)
- Precisione (linearità + isteresi): 0.02% FS
- Ripetibilità: 0.01% FS
- Temperatura di esercizio:  $-20^\circ C$   $+70^\circ C$
- Materiale: acciaio inox
- Diametro corpo sonda: 28mm
- Lunghezza (senza connettori): 750mm
- Distanza fra i carrelli: 500mm
- Peso: 2.0 kg

Il cavo inclinometrico sarà del tipo a 6 poli, rinforzato da fune in acciaio, marcato ogni 50cm, completo di connettore subacqueo e rullo avvolgicavo in PVC con supporto in acciaio tubolare.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco		IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	5 di 13

L'acquisizione dei dati e la registrazione degli stessi sarà effettuata mediante apposito datalogger dotato di software di elaborazione dati che fornisce le seguenti elaborazioni grafiche dei dati inclinometrici:

- deformata reale del tubo inclinometrico.
- andamento della deformata riferito alla prima misura effettuata (misura di zero).
- spostamenti di ogni punto di misura riferiti alla misura di zero.
- andamento della deformazione di un dato punto di misura nel tempo.

Le letture saranno effettuate manualmente, con cadenza dipendente dalla distanza della strumentazione dal fronte.

### 3.1.3 Estensimetri multibase

Gli estensimetri multibase sono strumenti che vengono installati in foro per monitorare la variazione di distanza tra due o più punti lungo l'asse del foro stesso.

La posizione dei punti di misura è determinata rispetto alla posizione di un punto di riferimento fisso, ottenendo conseguentemente lo spostamento assoluto. La distanza tra la superficie del collare posizionato a boccaforo e il punto fisso può essere misurata utilizzando un trasduttore sia meccanico che elettrico. Il sistema MPBX (Multi Point Base Extensometers) è utilizzato per monitorare la deformazione assiale di un foro appropriatamente orientato a seconda dell'informazione voluta e delle condizioni del mezzo da monitorare. In foro possono essere utilizzate barre in luogo di cavi, che sono semplici e più facili da installare.

#### Caratteristiche sensori

- Numero di basi: da 4 a 5
- Testa di misura:  $\phi$  120 mm
- Aste di misura: acciaio inox
- Calibro digitale: campo di misura da 0 a 200 mm – risoluzione 0.01 mm

E' prevista l'installazione di 1 estensimetro multibase per la sezione strumentata tipo 1. Le letture saranno effettuate manualmente, con cadenza dipendente dalla distanza della strumentazione dal fronte.

### 3.1.4 Frequenze di lettura

Gli strumenti di misura di cui sopra dovranno essere installati molto tempo prima che il fronte raggiunga gli stessi. La lettura di zero, condizione indisturbata, dovrà essere effettuata non appena lo strumento non risentirà più degli effetti delle operazioni di installazione.

Oltre alla lettura di zero, si effettueranno altre serie di rilievi e letture complete per tutti gli strumenti della sezione di monitoraggio secondo la frequenza delle successive sessioni di rilievo riportata nella tabella riassuntiva seguente.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IBOU	1AEZZ	RH	GA0600002	C	6 di 13

MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE		
Strumentazione	Distanza dal fronte della sezione di monitoraggio	Frequenza dei rilievi
<b>Capisaldi topografici sul P.C.</b> <b>Estensimetri multibase</b> <b>Inclinometri</b>	Tra -20 e +40 m	1 volta al giorno
	> + 40 m e <60 m	Una volta la settimana. Se l'andamento delle misure nel tempo non è asintotico, si continuerà con la frequenza di una volta al giorno fino alla stabilizzazione della misure.
	>60	Una volta ogni 15 giorni per i primi 3 mesi, poi una volta ogni 3 mesi fino alla fine dei lavori.
	<b>Nel caso di superamento delle soglie</b>	Le frequenze dovranno avvenire secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Fig. 1 – Frequenze del monitoraggio topografico di superficie

### 3.1.5 Array MEMS

Si prevede il monitoraggio di tre verticali con sensori multi-parametrico MEMS 3D a lettura automatica (MEMS-HV\_05/06/07, L=3x25m); questa avviene attraverso collegamento a PC/DataLogger e software di processamento. Le misure vengono acquisite e trasmesse automaticamente, con frequenze temporizzate. Le misure sono restituite in real-time sulla piattaforma di monitoraggio Web-Gis, al superamento di soglie prestabilite il sistema invia messaggi di allerta/allarme.

## 3.2 MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

### 3.2.1 Mire ottiche

#### Attrezzatura

Le mire ottiche saranno installate sui pali, al di sotto del cordolo di testa della paratia come indicato negli elaborati di progetto. I chiodi saranno scelti tra i modelli presenti sul mercato in modo tale da garantire un perfetto accoppiamento della testa chiodo con il supporto del prisma ottico successivamente utilizzato per le misure di precisione.

#### Modalità d'installazione

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

- Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
- Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
- Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IBOU	1AEZZ	RH	GA0600002	C	7 di 13

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

I riferimenti dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia.

#### *Sistema di acquisizione dati*

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti in testa alla paratia nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico:  $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ .

#### *Frequenza dei rilevamenti*

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

- 1 misura prima e dopo ogni ribasso di scavo;

Completati gli scavi, il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 misura ogni settimana dopo il raggiungimento del fondo scavo;
- 1 lettura settimanale per il successivo mese;
- 1 misura ogni 2 settimane nei successivi 6 mesi dalla fine dello scavo e fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti. Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

## **4. SOGLIE DI ATTENZIONE E SOGLIE DI ALLARME**

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure.

I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto, relativamente a spostamenti, deformazioni, tensioni. Questi limiti sono definiti come:



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	8 di 13	

**Soglia di attenzione:** è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni o delle deformazioni di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero, in determinate circostanze, risultare incontrollabili. Si ritiene necessario evidenziare che il superamento puntuale di un valore di attenzione di un parametro può essere da solo di poca importanza, perché dovuto per esempio a cause locali, e solo un attento esame di tutti i dati provenienti dall'intero "volume di controllo" e soprattutto l'evolversi nel tempo di tali valori, potrà dare un quadro coerente degli eventuali fenomeni in atto.

**Soglia di allarme:** definita in funzione del livello deformativo e tensionale, più gravoso per una determinata situazione; il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure. Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto.

Tali soglie sono state definite in relazione alle previsioni progettuali per ciascuno dei parametri chiave di interesse, coerentemente con la modellazione riportata nell'elaborato: "Finestra Funes - Relazione di calcolo delle opere di imbocco" - IB0U1AEZZCLGA0600001.

#### 4.1 QUANTIFICAZIONE DEI VALORI DI SOGLIA

Le soglie di attenzione e di allarme sono definite per ciascuno dei parametri chiave di interesse. Le tabelle seguenti riassumono i valori di attenzione/allarme per il monitoraggio del versante e dell'opera di sostegno.

##### 4.1.1 SOGLIE PER MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

Nel seguito si riportano i valori di deformazione da assumersi quale riferimento in fase di scavo della paratia di imbocco per i riferimenti topografici relativi alla parte sommitale dei pali. Per i riferimenti relativi alle quote inferiori le soglie di attenzione e di allarme e il relativo gradiente di deformazione dovrà comunque tenere conto ed essere ridefinito durante le lavorazioni, essendo la deformazione misurata necessariamente legata alla fase di installazione della mira stessa. Le soglie di attenzione e di allarme sono espresse con riferimento allo spostamento assoluto della paratia nel corso del singolo ribasso dello scavo e a scavo ultimato.

Spostamenti anomali del singolo riferimento topografico dovranno essere confermati attraverso una serie di letture ripetute in un arco temporale limitato. Inoltre, i valori di spostamento sotto indicati non saranno valutati con riferimento al singolo riferimento topografico, ma verranno comparati con il valore medio dello spostamento registrato dal gruppo di riferimenti topografici appartenenti al medesimo settore di paratia in esame. Il raggiungimento della soglia di attenzione comporterà il proseguimento delle lavorazioni secondo le indicazioni di progetto, associato all'intensificazione delle letture di monitoraggio dell'opera. L'eventuale raggiungimento della soglia di allarme comporterà la temporanea interruzione delle lavorazioni, per consentire l'interpretazione dei fenomeni deformativi in atto e la definizione delle necessarie misure correttive.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IBOU	1AEZZ	RH	GA0600002	C	9 di 13

	ATTESI DA MODELLAZIONE	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
	<i>Direzione y [mm]</i>	[mm]	[mm]
<b>Mire su parte sommitale dei pali centrali</b>	<b>7.5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Mire su parte sommitale dei pali laterali</b>	<b>4÷5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

	ATTESI DA MODELLAZIONE	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
	<i>Direzione x [mm]</i>	[mm]	[mm]
<b>Mire su poste a metà altezza libera dei pali</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Mire su parete di fondo</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>15</b>

#### 4.1.2 SOGLIE PER MONITORAGGIO DI SUPERFICIE

Si riportano a seguire i valori di soglia per il monitoraggio di superficie.

STRUMENTO	PARAMETRO	VALORI DI SOGLIA		
		ATTESI	ATTENZIONE	ALLARME
Caposaldi livellazione	Spostamenti verticali	5mm	15 mm	30 mm
Inclinometri	Spostamenti orizzontali cumulati	5mm	15 mm	30 mm
Estensimetri	Spostamenti	5mm	15 mm	30 mm

## 5. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

### 5.1 ELABORAZIONE DATI

Tutte le grandezze monitorate saranno validate, elaborate e graficizzate per consentire il confronto con i livelli di soglia prefissati. I dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio saranno registrati e gestiti, per l'elaborazione, mediante un software adeguato. Il software impiegato fornirà, in formato numerico e in forma di grafici cartesiani tutte le grandezze monitorate ed i parametri deformativi.

Inoltre si darà evidenza per tutte le grandezze ed i parametri deformativi definiti, dell'eventuale superamento dei valori di soglia di attenzione ed allarme.

Tutti i grafici prodotti dovranno essere correlati alla sezione e/o al punto di monitoraggio relativo, alla posizione del fronte di scavo/rivestimento ed alla data del rilievo.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	10 di 13

La strumentazione installata nelle sezioni topografiche sarà oggetto di rilievo per definirne la posizione plano-altimetrica iniziale (letture di zero).

Le coordinate corrispondenti alla configurazione di installazione verranno registrate come coordinate di zero per i rilievi successivi.

Le grandezze individuate saranno misurate con un grado di precisione che dovrà essere funzione dei valori attesi.

## 5.2 PIATTAFORMA WEB – GIS PER VISUALIZZAZIONE E RACCOLTA DATI DI MONITORAGGIO

Stante la notevole quantità di dati che verranno raccolti, la gestione di tutte le misure provenienti dal sistema di monitoraggio avverrà su una piattaforma WEB-GIS realizzando un portale di progetto sul quale saranno visualizzate, su apposita planimetria:

- monitoraggio geotecnico e strutturale;
- monitoraggio dei cedimenti e degli spostamenti indotti;
- documenti annessi ai lavori;
- immagini e fotografie ed altro;
- posizione dei fronti di scavo e dei rivestimenti provvisori e definitivi;

In questo modo sarà possibile implementare una piattaforma di gestione comune per il controllo dell'avanzamento dei lavori e di gestione di tutti i dati di monitoraggio.

Sulle planimetrie riportate in rete saranno rappresentati tutti gli strumenti e punti di misura nella posizione in cui questi saranno effettivamente installati. Ad ogni strumento dovranno essere associati i valori delle coordinate x,y e z di installazione.

## 5.3 GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

La gestione del sistema di monitoraggio sarà eseguita in modo tempestivo ed efficace attraverso un controllo continuo dei dati e degli strumenti.

A tal fine è prevista un'unità operativa di campo costituita da:

- topografi e relativi aiutanti che eseguiranno le misurazioni dei cedimenti in superficie e sulle opere di sostegno;
- tecnici che effettueranno tutte le misurazioni in manuale di tutte le strumentazioni di monitoraggio installate (inclinometri, estensimetri, celle di carico);
- tecnici analisti che procederanno alla verifica e validazione dei dati di monitoraggio e che provvederanno all'elaborazione sottoforma di grafici di tutti i dati rilevati in automatico e all'inserimento dei dati sulla piattaforma web-gis.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IB0U	1AEZZ	RH	GA0600002	C	11 di 13

## 5.4 UNITÀ OPERATIVA

Come già detto l'unità operativa sinteticamente avrà il compito di:

- eseguire i rilievi e 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 e a utenti remoti tramite piattaforma web gis;
- segnalare il superamento dei valori di soglia fissati occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria degli strumenti di monitoraggio.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti consisterà nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I rapporti ed i grafici dovranno essere impostati e definiti secondo le indicazioni di seguito riportate.

Come detto tutti i dati di monitoraggio forniti saranno convalidati dal punto di vista strumentale dai tecnici analisti.

L'unità operativa fornirà inoltre informazioni, grafici o tabelle a differenti livelli di dettaglio inerenti il sistema di monitoraggio a utenti remoti, indicati da Italferr, secondo modalità operative che verranno definite e concordate con la DL.

## 5.5 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ELABORAZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI

Tutte le misure, sia automatiche che manuali, saranno registrate in formato excel e rese disponibili in rete (piattaforma Web-Gis). Tutte le misure raccolte verranno elaborate sotto forma di grafici e rese disponibili giornalmente in rete.

Nel caso di superamento dei valori di soglia, le misure raccolte ed elaborate sottoforma di grafici e di dati in formato excel, saranno riportate in rete anche più volte al giorno e comunque secondo le indicazioni fornite dalla DL.

Gli strumenti ed i punti di misura (per i quali saranno rappresentati i grafici ed i dati di monitoraggio rilevati), saranno associati alla posizione dello strumento o punto di misura che dovrà essere rappresentato su planimetrie riportate in rete (piattaforma web-gis). L'Appaltatore dovrà fornire su queste planimetrie aggiornate, le posizioni e la denominazione dei punti di misura effettivamente installati. Queste planimetrie periodicamente aggiornate in rete (piattaforma web gis) dovranno riportare la posizione del fronte di scavo in continuo.

## 5.6 MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE

Come detto tutte le misurazioni delle sezioni topografiche di superficie, saranno verificate, validate e successivamente elaborate fornendo:

- per tutti i punti della sezione topografica in superficie, l'andamento dei cedimenti in funzione del tempo;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	IBOU	1AEZZ	RH	GA0600002	C	12 di 13

- per tutti i punti della sezione topografica l'andamento dei cedimenti in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- i bacini di subsidenza misurati sia in funzione del tempo che in funzione della distanza dal fronte di scavo. Ad ogni lettura topografica sarà associata la progressiva del fronte di avanzamento (e quindi la distanza tra il fronte di avanzamento e la sezione di monitoraggio in esame) la data e l'ora di esecuzione della misurazione. Nello stesso grafico saranno rappresentati i cedimenti trasversali misurati per più letture;
- il valore del volume perso misurato per ogni grafico del bacino di subsidenza trasversale. Lo stesso si valuterà come area compresa tra la configurazione indeformata e la configurazione deformata del p.c. (spezzata misurata) rapportato in percentuale all'area di scavo della galleria.
- Per tutti i caposaldi sarà, inoltre, redatta una tabella che riporta il valore del cedimento in funzione della data e della posizione del fronte di scavo annotando le operazioni eseguite tra una misurazione e la successiva.

Tutti i grafici ed i relativi dati saranno resi disponibili in rete giornalmente, ed anche più volte al giorno nel caso di superamento dei valori di soglia.

## 5.7 MONITORAGGIO GEOTECNICO

Le risultanze delle misurazioni degli inclinometri e degli estensimetri, saranno verificate, validate e successivamente elaborate fornendo grafici leggibili ed immediatamente interpretabili su supporto informatico, incrociando i dati ottenuti con monitoraggio manuale a quelli derivanti dagli array MEMS.

I dati degli estensimetri dati vengono graficati nel diagramma "cedimenti verticali - profondità" che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

I dati degli inclinometri dati vengono graficati nel diagramma "spostamenti orizzontali - profondità" che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

La frequenza di invio dei dati e dei grafici alla piattaforma web- gis, sarà quotidiana. Anche in questo caso la cadenza giornaliera potrà essere variata al superamento delle soglie fissate o comunque secondo le richieste della DL.