

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA  
PROGETTAZIONE:

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO  
Ing. Paolo Cucino  
Responsabile integrazione fra le varie  
prestazioni specialistiche 6

## 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

L - FINESTRA CHIUSA

Imbocco

Relazione monitoraggio delle opere di imbocco

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 A	E	Z Z	R H	G A 0 5 0 0	0 0 2	B

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S.Spinello	18/10/2021	A.Valente	19/10/2021	D.Buttafoco Dolomiti	20/10/2021	IL PROGETTISTA A.Polli  23/12/2021
B	Revisione a seguito istruttoria ITF - IB0U-RV-0000000054	S.Spinello	21/12/2021	A.Valente	22/12/2021	D.Buttafoco Dolomiti	23/12/2021	

File: IB0U1AEZZRHGA0500002B.docx

n. Elab.: 1

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 1 di 15

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. MONITORAGGIO ESTERNO .....</b>	<b>3</b>
2.1 MONITORAGGIO SUPERFICIALE ESTERNO .....	3
2.2 MONITORAGGIO DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....	3
2.3 SPECIFICHE TECNICHE: STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO .....	4
2.3.1 Monitoraggio del pendio.....	4
2.3.2 Monitoraggio dell'opera di sostegno .....	7
<b>3. VALORI DI SOGLIA .....</b>	<b>10</b>
3.1 DEFINIZIONE DEI VALORI SOGLIA.....	10
3.2 QUANTIFICAZIONE DEI VALORI DI SOGLIA.....	10
<b>4. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>12</b>
4.1 ELABORAZIONE DATI.....	12
4.2 PIATTAFORMA WEB – GIS PER VISUALIZZAZIONE E RACCOLTA DATI DI MONITORAGGIO .....	12
4.3 GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	12
4.4 UNITÀ OPERATIVA.....	13
4.5 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ELABORAZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI.....	13
4.6 MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE.....	14
4.7 MONITORAGGIO GEOTECNICO .....	14

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 2 di 15

## 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 Chiusa in fase temporanea.

La Finestra di Chiusa è una galleria a canna singola con una lunghezza complessiva di circa 1724m, di cui 21.1m in artificiale e i restanti eseguiti in tradizionale. L'imbocco è situato in corrispondenza dell'abitato di Chiusa (BZ), in riva sinistra del Fiume Isarco, a monte del tracciato della SS242, ad una quota altimetrica di circa 610m slm.

Il versante su cui si innesta l'opera è caratterizzato da una moderata pendenza (circa 31-32°) e dalla presenza di rocce tipo fillade e di uno strato detritico nella zona più superficiale di spessore variabile. La tipologia di tale deposito varia da colluviale, a detriti di versante, a deposito morenico.

Nel seguito, sono presentate le architetture del sistema di monitoraggio con riferimento agli interventi da realizzarsi in superficie e sulle opere di imbocco nonché le specifiche tecniche della strumentazione da utilizzare.

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 3 di 15

## 2. MONITORAGGIO ESTERNO

### 2.1 MONITORAGGIO SUPERFICIALE ESTERNO

Al fine di verificare il comportamento tensio-deformativo del terreno indotto dallo scavo della galleria, il monitoraggio superficiale è caratterizzato dalle seguenti sezioni strumentate tipo:

- sezioni topografiche;
- sezioni complete tipo 1

Le sezioni topografiche, predisposte per il monitoraggio dei cedimenti superficiali e del volume di subsidenza, sono costituite da capisaldi topografici posti sul piano campagna. Il passo tra i punti di rilievo è stabilito in funzione della curva di subsidenza, come illustrato negli elaborati grafici.

Sono previste n.2 sezioni topografiche poste rispettivamente a distanza di 4.0 m dall'asse berlinese (pk 0+025.14) e 20 m dall'asse delle berlinese (pk 0+041.14) ed una sezione completa tipo 1 a distanza di 16.82 m dall'asse berlinese (pk 0+037.96), tale da garantire la copertura minima di 15m da estradosso galleria.

Le sezioni complete tipo 1 prevedono, in aggiunta alle topografiche, due inclinometri posti lateralmente alla galleria, spinti fino ad una 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.

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

Le sezioni strumentate, per un totale di 3 tra topografiche e complete, sono caratterizzate da coperture variabili da un minimo di 5 m, in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale, fino a circa 15 m.

Il sistema è completato dall'installazione di un inclinometro posto a tergo opera di sostegno sulla linea della massima pendenza per monitorare le deformazioni del pendio nella zona maggiormente acclive.

### 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 Chiusa, da confrontare con quanto previsto in progetto, si prevede la realizzazione di un monitoraggio topografico con:

- n. 3 mire ottiche sulla trave di coronamento della berlinese della parete centrale;
- n. 3 mire ottiche sulla trave di ripartizione del primo ordine di tiranti della parete centrale;
- n. 3 mire ottiche sulla trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti della parete centrale;
- n. 3 mire ottiche sulla trave di ripartizione del terzo ordine di tiranti della parete centrale;
- n. 3 mire ottiche sulla trave di ripartizione del quarto ordine di tiranti della parete centrale;
- n. 2 mire ottiche sulla trave di coronamento della berlinese delle pareti laterali;
- n. 2 mire ottiche sulla trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti delle pareti laterali;

APPALTAZIONE:  	<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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 4 di 15

- n. 2 mire ottiche sulla trave di ripartizione del terzo ordine di tiranti delle pareti laterali;

Per un totale di n. 21 mire disposte come riportato sugli elaborati progettuali.

Si prevede inoltre l'installazione di celle di carico per i tiranti in numero pari 5 sulla parete frontale e pari 3+3 sulle due pareti laterali, per un totale di 11 celle.

## 2.3 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.

### 2.3.1 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.

#### 2.3.1.1. 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 11 mire, disposte con passo crescente all'aumentare della distanza dall'asse della galleria, mentre per la sezione completa tipo 1 sono previste 9 mire.

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

#### 2.3.1.2. 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.

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 5 di 15

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.

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.

### 2.3.1.3. 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

APPALTATORE: <b>webuild</b>  	<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: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 6 di 15

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 ogni sezione strumentata tipo 1. Le letture saranno effettuate manualmente, con cadenza dipendente dalla distanza della strumentazione dal fronte.

#### *2.3.1.4. Frequenze di lettura*

Gli strumenti di misura dovranno esser 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.

<b>MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE</b>		
<b>Strumentazione</b>	<b>Distanza dal fronte della sezione di monitoraggio</b>	<b>Frequenza dei rilievi</b>
<b>Capisaldi topografici sul P.C.</b> <b>Estensimetri multibase</b> <b>Inclinometri</b>	<b>Tra -20 e +40 m</b>	1 volta al giorno
	<b>&gt; + 40 m e &lt;60 m</b>	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.
	<b>&gt;60</b>	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

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 7 di 15

## 2.3.2 Monitoraggio dell'opera di sostegno

### 2.3.2.1. Mire ottiche

#### Attrezzatura

Le mire ottiche saranno installate sulle cordole di testa della berlinese e sulle travi di ripartizione 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.

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;



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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 8 di 15

- 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.

### 2.3.2.2. Celle di carico tiranti

Le celle di carico devono essere disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni. Le celle devono essere dotate di target ottici per la misura degli spostamenti che eventualmente potranno subire. Si prevede l'impiego di celle di carico idrauliche di forma toroidale con camera di pressione, manometro per la lettura del carico e piastra di distribuzione in acciaio per garantire una omogenea ripartizione del carico

### Attrezzatura

Le caratteristiche delle celle sono riepilogate di seguito:

- Corpo in acciaio inox di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale di misura 4- 20 mA.
- Una piastra circolare in acciaio che permette una omogenea ripartizione del carico del tirante sulla camera di pressione delle celle;
- Un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura
- Un sistema di misura della pressione con manometro che legge direttamente in kN.

Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, i quali variando il loro valore di resistenza generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le principali caratteristiche tecniche delle celle di carico per bulloni strumentati sono le seguenti:

- Campo di misura, 0 ÷ 600 kN
- Sovraccarico ammissibile, 150 % f.s.
- Segnali in uscita, 4 ÷ 20 mA
- Precisione globale, < 0.5 % f.s.
- Deriva termica di zero, < 0.01 % f.s./°C
- Campo di temperatura, -10 ÷ +50 °C

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 9 di 15

### Modalità di posa in opera

Le celle vanno inserite nel punto di rilevamento del carico ponendo particolare cura affinché le due superfici d'appoggio della cella risultino piane e non deformabili, così che il carico sia trasferito correttamente alla cella.

La superficie di contatto cella – piastra di ripartizione deve essere perfettamente piana e per garantire una sufficiente rigidità è necessario che la cella di carico appoggi su una piastra d'acciaio di spessore opportuno e di diametro superiore a quello della cella. Analogamente, sull'altra superficie della cella, per le stesse ragioni, viene installata una piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

Lo strumento sarà installato con la seguente procedura:

- Spianare e lisciare la superficie di contatto all'interno del foro predisposto per il tirante da strumentare;
- Appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta, collegare il cavo strumentale al pannello di centralizzazione e installare la piastra di distribuzione;
- Iniziare le operazioni di tesatura del tirante, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantire la perfetta planarità della cella e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici restituiti dalla cella;
- Procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

In aggiunta alle suddette celle di carico, andrà installata una cella termometrica, per la misura delle variazioni di temperatura dell'aria.

### Frequenza rilevamenti

Le celle di carico sono lette in automatico e quindi permettono l'acquisizione con cadenza costante e frequente. In particolare si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno orarie fino al completamento degli scavi. Completati gli scavi il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 misura ogni settimana dopo il raggiungimento del fondo scavo;
- 1 misura ogni 2 settimane nei primi 6 mesi dalla fine dello scavo;
- 1 misura al mese dopo i primi 6 mesi dalla fine dello scavo.

Contemporaneamente alle letture dei carichi si dovranno eseguire le misure con cella termometrica

### Restituzione dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo;
- Variazioni di carico rispetto alla temperatura

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 10 di 15

### 3. VALORI DI SOGLIA

#### 3.1 DEFINIZIONE DEI VALORI SOGLIA

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:

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.

#### 3.2 QUANTIFICAZIONE DEI VALORI DI SOGLIA

Le soglie di attenzione e di allarme sono definite in relazione alle previsioni progettuali per ciascuno dei parametri chiave di interesse.

Le tabelle seguenti riassumono per ciascuno strumento i valori di attenzione e di allarme per il monitoraggio si superficie.

Tabella 1 – Monitoraggio di superficie – Soglie di attenzione e di allarme

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

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 11 di 15

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 trave di testata. Per i riferimenti relativi alle quote inferiori le soglie di attenzione e di allarme e il relativo gradiente di deformazione dovrà essere definito 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 ed al gradiente con cui i fenomeni deformativi si manifestano.

*Tabella 2 – Monitoraggio opera di sostegno: Soglie di attenzione e allarme*

STRUMENTO	SPOSTAMENTO ASSOLUTO		GRADIENTE	
	VALORI DI SOGLIA		VALORI DI SOGLIA	
	ATTENZIONE	ALLARME	ATTENZIONE	ALLARME
Durante le fasi di ribasso	30 mm	50 mm	20mm/g	30mm/g
A scavo ultimato	30 mm	50 mm	15mm/g	25mm/gg

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 sopra 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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 12 di 15

## 4. GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

### 4.1 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.

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.

### 4.2 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.

### 4.3 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.

APPALTAZIONE:  	<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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 13 di 15

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;
- dai tecnici che effettueranno tutte le misurazioni in manuale di tutte le strumentazioni di monitoraggio installate (inclinometri, estensimetri, celle di carico);
- dai 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.

#### 4.4 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.

#### 4.5 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

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: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Relazione monitoraggio delle opere di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0500002	REV. B	FOGLIO. 14 di 15

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.

#### 4.6 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;
- 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.

#### 4.7 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.

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.