

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
Dotting. 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

E-GALLERIA GARDENA

Imbocco Nord (Ponte sull'Isarco)

Relazione Monitoraggio

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		-

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

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

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	M.Ingianni	27/11/2021	A. Valente	28/11/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	29/11/2021	IL PROGETTISTA ORDINE INGEGNERI ROMA N. 19540 15/12/2022
B	Emissione a seguito di indicazioni committenza	B. Fiorentino	01/12/2022	M. Iacorossi	02/12/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	05/12/2022	

File: IB0U1BEZZRHGA0200002B.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 1 di 28

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. SCOPO	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	2
4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI.....	2
4.2 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	3
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
5.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	4
6. MONITORAGGIO	6
6.1 TIPOLOGIE DI STRUMENTAZIONE.....	7
6.1.1 Monitoraggio spostamenti: Misure topografiche	7
6.1.2 Monitoraggio deformativo: Tubo inclino - assestometrico.....	13
6.1.3 Celle di carico.....	18
7. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE	21
7.1 MIRE OTTICHE.....	21
7.2 STAZIONE TOTALE ROBOTIZZATA	22
7.3 CAPOSALDI TOPOGRAFICI	23
7.4 RETE GEODETICA	24
7.5 MODALITA' DI RILIEVO.....	25
8. DEFINIZIONE DEI VALORI SOGLIA DELLE GRANDEZZE MONITORATE	26

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	2 di 28

1. PREMESSA

Nella presente relazione si descrive la strumentazione di monitoraggio che si rende necessaria per la realizzazione delle opere di imbocco della galleria naturale Gardena, per quanto riguarda il controllo del corretto funzionamento delle opere di contenimento delle terre previste nel progetto della linea Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 – Galleria Gardena.

2. SCOPO

Nel presente documento si espongono i criteri progettuali per l'allestimento e la messa in esercizio del sistema di monitoraggio strutturale delle opere di imbocco della galleria naturale Gardena.

I principali obiettivi progettuali sono quelli di consentire l'esecuzione degli scavi in assoluta sicurezza con minimizzazione delle perturbazioni nell'intorno.

Il progetto delle strutture di sostegno è quindi mirato a ridurre le deformazioni orizzontali e quindi quelle verticali indotte, a valori del tutto trascurabili, compatibili con la tolleranza delle strutture e delle infrastrutture circostanti.

A tal fine è previsto un apposito sistema di monitoraggio per verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento e di sforzo delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Nella presente relazione tecnica viene descritto il sistema di monitoraggio delle strutture di sostegno provvisorie e definitive, individuandone le caratteristiche e la cadenza delle misure contestualmente alle fasi esecutive.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

Rif. [3] U.O. Gallerie, documento n.° IBL11BD07RGGN0000001 "Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo" datato Febbraio/2018;

Rif. [4] U.O. Gallerie, documento n.° IBL11BD07RBGN0600001 "Finestra Funes - Relazione geotecnica e di calcolo" Febbraio/2018;

Rif. [5] U.O. Gallerie, documento n.° IBL11BD07F6GN0600001 "Finestra Funes – Profilo Geotecnico" '18;

Rif. [6] U.O. Gallerie, documento n.° IBL11BD07SPGN0000001 "Caratteristiche dei materiali – Note Generali" datato Febbraio/2018;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 3 di 28

Rif. [7] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici.

IBOU1AEZZRHGE0000001 Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità

4.2 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

Fase Provvisoria - Planimetria Opere di imbocco	IBOU1BEZZP9GA0200001B
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fase Provvisoria (1/3)	IBOU1BEZZWAGA0200001B
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi	IBOU1BEZZBZGA0200001B
Sviluppata del muro delle opere di imbocco e particolari costruttivi	IBOU1BEZZBZGA0200002B
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBOU1BEZZP9GA0200002B
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali 1/3	IBOU1BEZZWAGA0200002B
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali 2/3	IBOU1BEZZWAGA0200003B
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGA0200001B
Portale di imbocco - Carpenteria e particolari	IBOU1BEZZBBGA0200011B
Interventi di chiodatura del versante - Planimetria sezioni e particolari costruttivi - Fase provvisoria	IBOU1BEZZPZGA0200001B
Interventi di chiodatura del versante - Planimetria sezioni e particolari costruttivi - Fase definitiva	IBOU1BEZZPZGA0200002B
Fase provvisoria - Sistemazione idraulica - Planimetria e dettagli costruttivi	IBOU1BEZZPZGA0200003B
Sistemazione definitiva - Sistemazione idraulica - Planimetria e dettagli costruttivi	IBOU1BEZZPZGA0200004B
Fase provvisoria - Monitoraggio - Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi	IBOU1BEZZPZGA0200005B
Fase definitiva - Monitoraggio - Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi	IBOU1BEZZPZGA0200006B
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi Provvisorie (2/3)	IBOU1BEZZWAGA0200004B
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi Provvisorie (3/3)	IBOU1BEZZWAGA0200005B
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali 3/3	IBOU1BEZZWAGA0200006B

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	4 di 28

5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

5.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

L'imbocco nord della galleria Gardena è situato nella Valle d'Isarco sul versante sud in sponda sinistra del Fiume, località Chiusa ad una quota di circa 565 m s.l.m.m. Il pendio con vergenza verso NNW è costituito da litotipi lapidei che ne determinano l'acclività (mediamente 35-45°) su cui si rinvengono depositi di coltri superficiali con caratteristiche meccaniche più scarse. Il substrato roccioso metamorfico è costituito da porfiroidi, con la presenza di uno strato detritico nella zona più superficiale di spessore variabile.

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera d'imbocco (binario dispari):

- da pk 15+969.34 a pk 15+976.84 (L=7.5 m) galleria artificiale – portale a becco di flauto;
- da pk 15+976.84 a pk 15+981.84 (L=5.0 m) galleria artificiale – dima d'attacco.

Solo una porzione della galleria naturale rientra nel lotto in esame, da pk 15+981.84 a pk 21+752.38. La galleria presenta coperture generalmente elevate con valori massimi fino a 600 m, ed un andamento altimetrico in discesa verso lepregressive crescenti, con pendenza costante pari al 12.35%.

Per la realizzazione delle opere all'imbocco della galleria naturale Gardena si rende necessaria la realizzazione di una struttura di sostegno provvisoria, con funzione di contenimento scavi in fase di realizzazione delle opere.

Le opere di sostegno provvisorie degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una berlinese di micropali di diametro foro $\varnothing 240$ mm, armati con tubi in acciaio S355 di diametro $\varnothing 193.7$ mm e spessore 12.5 mm, posti ad interasse 40 cm, con un'altezza massima della berlinese di 22.3m (compresa la trave di testa).

I micropali sono contrastati su più ordini da travi di ripartizione orizzontali costituite da profili accoppiati HEB180 in acciaio S275, vincolati da tiranti a barre, e collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato di dimensioni 60x60cm.

La paratia è ancorata con più ordini di tiranti a barre Dywidag a filettatura continua dal diametro $\varnothing 32$ mm per i primi due ordini e $\varnothing 40$ mm per i restanti ($f_{ptk} > 1050$ Mpa e $f_{p(1)k} > 950$ Mpa). I tiranti di lunghezza compresa tra 23 m e 13 m, sono posti a interasse orizzontale pari a 3.6 m (salvo alcuni tratti in cui si è adottato un passo minore a causa delle geometrie dell'opera) ed hanno un'inclinazione verticale di 20° ed orizzontale di 0°, tranne i tiranti in corrispondenza del fronte di imbocco, i quali hanno un'inclinazione verticale ed orizzontale variabile per evitare interferenze e detensionamento in fase di scavo della galleria naturale.

La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton di spessore minimo di 10cm armato con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. In fase definitiva le opere di sostegno verranno ritombate insieme al tratto di galleria artificiale previsto.

Nella figura sottostante viene riportata la sezione in asse al binario pari a titolo di esempio e la planimetria dell'imbocco, la cui sviluppata ha una lunghezza complessiva di 148.05 m.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 6 di 28

6. MONITORAGGIO

Il programma di monitoraggio prevede il controllo deformativo delle opere di sostegno previste all'imbocco, sia provvisionali che definitive.

Il monitoraggio della paratia berlinese avviene mediante misurazione degli spostamenti esterni, in corrispondenza della trave di testata e della struttura a quote inferiori, profondi nel terreno e del tiro nei tiranti. La misura degli spostamenti in progetto prevede l'applicazione dei metodi tradizionali di misura con misure topografiche di precisione da effettuare tramite stazione totale di alta precisione. I prismi ottici saranno ubicati, con un interasse orizzontale variabile, come già descritto sopra, in corrispondenza della sommità della paratia e del muro realizzato in fase definitiva.

L'ubicazione ed il numero dei riferimenti sono riportati nell'elaborato grafico "Fase provvisoria e Fase definitiva – monitoraggio -Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi". I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti della paratia e del muro nelle tre direzioni dello spazio. Si prevede inoltre l'adozione di celle di carico toroidali per la misura del carico agente sul tirante. La disposizione di tale strumentazione è indicata anch'essa nell'elaborato "Fase provvisoria e Fase definitiva – monitoraggio - Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi". Le celle dovranno essere dotate di target ottici al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali potrebbero essere soggette. Per individuare eventuali fenomeni di instabilità e seguire l'andamento delle deformazioni, non solo in superficie, ma anche a diverse profondità, è prevista l'installazione di colonne inclinometriche in corrispondenza delle sezioni di analisi.

Per la descrizione dettagliata delle opere si fa riferimento alla relativa relazione delle opere provvisionali e definitive. Si prevede di eseguire, come sopra indicato, misure topografiche e misure del carico dei tiranti.

Il sistema di monitoraggio previsto consentirà di determinare, durante la fase di costruzione, eventuali spostamenti atipici delle stesse e/o perdite di carico dei tiranti e di apportare gli eventuali interventi correttivi in funzione dell'entità delle anomalie riscontrate.

Complessivamente si prevede l'allestimento della seguente strumentazione.

- Paratie di imbocco - berlinese di micropali (Opera provvisoria)
 - 📏 Mire topografiche sul cordolo della paratia "berlinese", 1 ogni 15m con raffittimento all'imbocco;
 - 📏 Mire topografiche sulle travi di ripartizione dei tiranti, 1 ogni 15m con raffittimento all'imbocco;
 - 📏 Celle di carico sui tiranti 1 ogni 25m con raffittimento all'imbocco;
 - 📏 Capisaldi topografici su terreno sul ciglio della scarpata di imbocco (almeno 3);
 - 📏 Target ottici posizionati sulle celle di carico;
 - 📏 N.3 tubi inclinometrici $L_{max}=23m$.
 - 📏 cella termometrica, per la misura delle variazioni di temperatura dell'aria.
- Muro di sostegno (Opera definitiva)
 - 📏 Mire topografiche in testa al muro di sostegno, 1 ogni 15m;

Le letture di tali strumenti dovranno essere eseguite, con opportuna frequenza, sia durante la fasi di sbancamento dell'area, sia durante tutto il periodo in cui lo scavo rimarrà aperto per i lavori delle opere di imbocco della galleria naturale Gardena, sia a seguito del completamento dell'opera.

Il monitoraggio prevede le seguenti fasi fondamentali:

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	7 di 28

- Installazione della strumentazione e materializzazione delle stazioni e dei punti di misura;
- Misure dello zero di riferimento;
- Misure periodiche di controllo.

Le misure di zero degli inclinometri e sulle mire poste in corrispondenza delle sommità della paratia (trave di testata) dovranno essere eseguite prima dell'inizio delle operazioni di scavo.

Le misure di zero saranno condotte utilizzando la stessa metodologia e le stesse apparecchiature da adottare per le misure successive e saranno immediatamente elaborate e sottoposte a controllo di qualità; nel caso tale controllo si rilevasse non soddisfacente, le misure saranno ripetute fino ad ottenere un elevato grado di qualità e coerenza.

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e di rinterro secondo quanto specificato nel seguito.

Terminati i lavori di costruzione, sarà necessario eseguire ulteriori letture di controllo.

La determinazione del campo dei movimenti effettivamente riscontrato nel periodo indicato potrà consigliare un diradamento o un raffittimento delle misure successive; pertanto la cadenza delle letture potrà essere rimodulata in corso d'opera in funzione dei dati emersi durante i controlli.

Eventuali integrazioni/variazioni al piano di monitoraggio potranno essere stabilite in corso d'opera, di concerto con la Direzione Lavori.

6.1 TIPOLOGIE DI STRUMENTAZIONE

6.1.1 Monitoraggio spostamenti: Misure topografiche

L'opera di sostegno dovrà essere strumentata attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento.

Gli spostamenti vengono rilevati mediante battute ottiche su apposite mirette topografiche (target riflettenti o quarzi) installate sulla trave di coronamento e sulle travi di ripartizione alle varie profondità, consentendo di stimare le deformazioni delle opere di imbocco della galleria attraverso il sistematico rilievo topografico ad alta precisione delle coordinate.

Le mire ottiche sul cordolo della paratia si posizionano ad interasse di 15m e 15m sulla trave di ripartizione per ogni ribasso di scavo, con un raffittimento in corrispondenza dei due imbocchi: Binario Pari e Binario Dispari.

Le mire devono garantire la stabilità geometrica per un periodo dell'ordine di 2 anni. Le battute topografiche dovranno essere fatte con la precisione del decimo di millimetro.

Più nel dettaglio, si dovranno predisporre complessivamente n.47 riferimenti topografici, ubicati secondo lo schema riportato nell'elaborato grafico "Fase provvisoria– monitoraggio -Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi" e n. 14 riferimenti topografici, ubicati secondo lo schema riportato nell'elaborato grafico "Fase definitiva– monitoraggio -Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi".

Il monitoraggio avverrà utilizzando un sistema di riferimento in coordinate assolute.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle condizioni idrauliche al contorno, visto che dalle indagini geotecniche eseguite non si è mai intercettata la falda, non si preve la misurazione delle quote di falda mediante l'installazione di piezometri tipo "Casagrande". Se durante le operazioni di realizzazione dell'opera

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	8 di 28

si dovesse riscontrare la presenza di acqua, si rimanda alla Direzioni Lavori la possibilità di installare eventuali piezometri per la misurazione della falda.

6.1.1.1. Modalità di 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), questa dovrà essere terminata prima delle operazioni di scavo. Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

Per quanto riguarda i riferimenti sulla trave di coronamento, questi dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia; i riferimenti in profondità andranno posti in opera non appena raggiunta la relativa quota di scavo.

6.1.1.2. Sistema di acquisizione dati

I riferimenti così installati, dovranno fornire gli spostamenti assoluti delle paratia, in testa e in corrispondenza delle travi di ripartizione dei vari ordini di tirante, nelle tre componenti: abbassamento, 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. E' richiesta la seguente precisione:

- Teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- Distanziometro elettronico: $\pm 1\text{mm} + 1\text{ppm}$.

6.1.1.3. Frequenza dei rilevamenti

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di realizzazione dell'opera, e più precisamente:

- ✚ Prima dell'esecuzione dello scavo;
- ✚ In corrispondenza della posa in opera di ogni nuovo elemento (tiranti e travi di ripartizione);
- ✚ Per ogni fase di approfondimento dello scavo.

Con la seguente cadenza:

- ✚ 1 lettura settimanale durante l'esecuzione della paratia;
- ✚ 1 lettura giornaliera per ogni posa di un nuovo elemento (tirante e trave di ripartizione);
- ✚ 1 lettura giornaliera per ogni giorno di scavo.

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

- ❖ 1 lettura giornaliera per la prima settimana dal completamento dello scavo;
- ❖ 1 lettura ogni settimana per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 9 di 28

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni.

Si riporta nel seguito, a titolo di esempio, la posizione della strumentazione per la Paratia provvisoria, per il Muro di sostegno si rimanda all'elaborato "Fase di monitoraggio Definitiva".

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 10 di 28

SVILUPPATA IN ASSE PARATIA

584

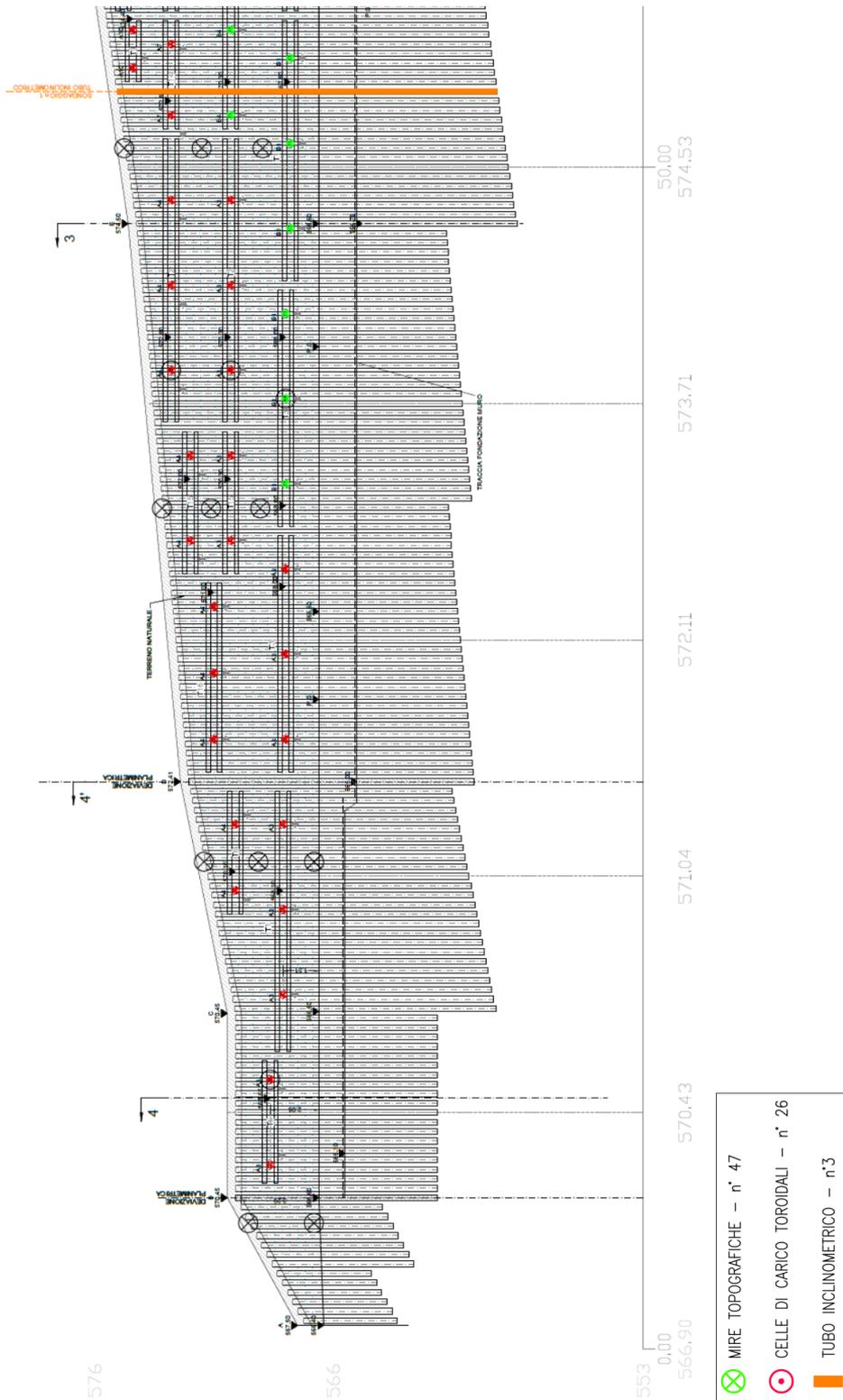


Fig. 3 - Sezione paratia - Indicazione Mire, Celle di carico e Tubo inclinometrico

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 11 di 28

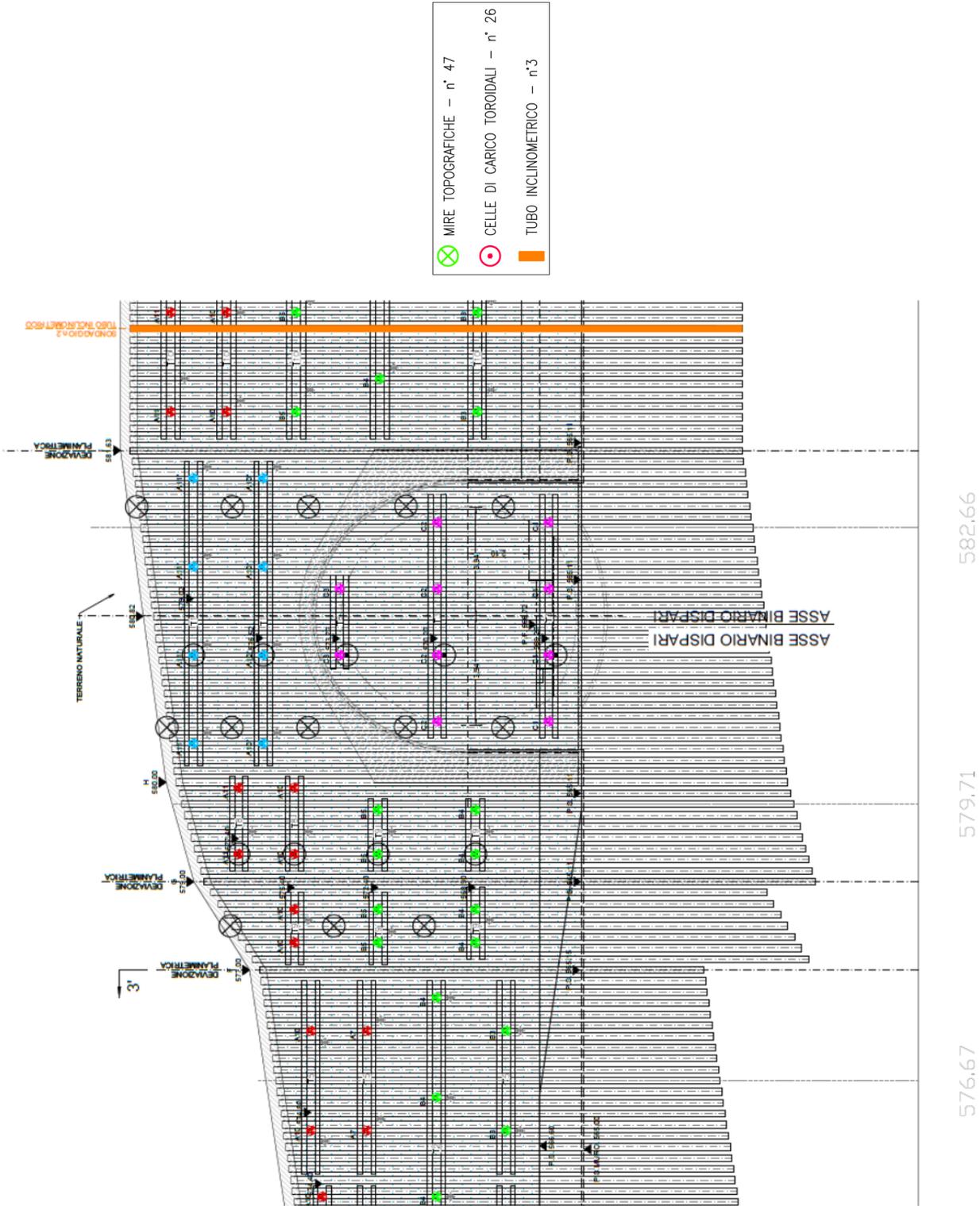


Fig. 4 - Sezione paratia - Indicazione Mire, Celle di carico e Tubo inclinometrico

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 12 di 28

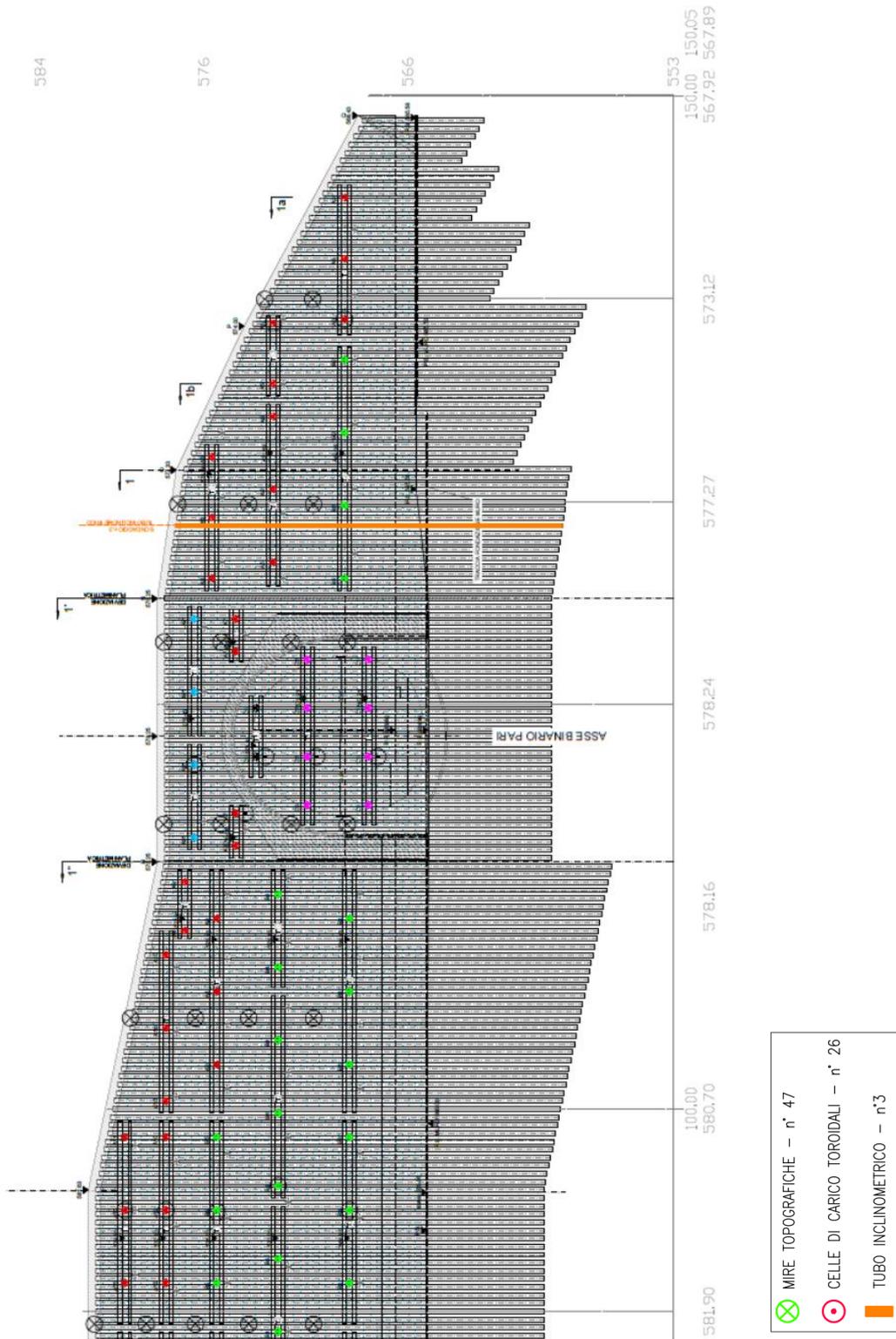


Fig. 5 - Sezione paratia - Indicazione Mire, Celle di carico e Tubo inclinometrico

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	13 di 28

6.1.2 Monitoraggio deformativo: Tubo inclino - assestometrico

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio o installato in palo o micropalo, consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno o della struttura lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

6.1.2.1. Modalità di installazione

L'installazione dei tubi verrà eseguita in verticale in terreno o all'interno della zona centrale dei micropali.

I tubi dovranno essere in materiale plastico (ABS) o in alluminio dotati di n. 4 guide di riferimento e scorrimento per sonda inclinometrica disposte su due diametri tra loro ortogonali.

Le dimensioni del tubo inclinometrico dovranno essere scelte in funzione del diametro del foro di sondaggio e delle dimensioni della sonda inclinometrica.

I tubi inclinometrici, che dovranno essere disponibili in spezzoni di 3m, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- Spiratura dei tubi $<0.3^\circ/m$
- Assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubo rispetto all'asse del tubo, con tolleranza di 1° .

I tubi inclinometrici dovranno essere installati alla profondità massima nei fori di sondaggio, alla fine delle attività di perforazione.

La deviazione dalla verticale del foro non dovrà essere superiore al 2%.

I tubi inclinometrici dovranno essere assemblati mediante manicotti di giunzione, della lunghezza minima di 300mm, tali da avere una rotazione massima su ciascun giunto pari ad 1° .

Alle guide, la differenza tra il tubo inclinometrico e il manicotto di giunzione dovrà essere minore di 1mm.

I manicotti di giunzione dovranno essere fissati alla sezione del tubo mediante l'applicazione di un opportuno strato di mastice lungo l'intera superficie di contatto ed un minimo di n. 4 rivetti (per ciascun spezzone di tubo). Il giunto dovrà essere completato mediante avvolgimento con abbondante nastro adesivo facendo attenzione a non applicare una torsione al giunto stesso.

La parte terminale inferiore del tubo dovrà essere chiusa da un tappo fissato al tubo nel medesimo modo sopra descritto per le giunzioni.

Il tubo inclinometrico dovrà essere posizionato nel foro di sondaggio con una coppia di guide allineate nella direzione di massima pendenza del versante o nella direzione ortogonale all'asse longitudinale dell'opera di sostegno monitorata.

La corona circolare tra il tubo e la parete del foro dovrà essere accuratamente cementata mediante iniezione di una miscela acqua/cemento/bentonite/ (proporzioni in peso rispettivamente 100:30:5), da eseguire a bassissima pressione a partire dal fondo foro e fino alla fuoriuscita di miscela pulita in superficie.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	14 di 28

Il galleggiamento del tubo inclinometrico dovrà essere impedito tramite il riempimento con acqua e/o altri sistemi che mantengano il tubo in leggera tensione. Non è consentito mantenere il tubo inclinometrico in posizione esercitando pressione dall'alto.

Al termine dell'inserimento del tubo nel foro, il rivestimento in acciaio temporaneo (se presente) dovrà essere estratto evitando qualsiasi rotazione (solo sollevamento) per evitare danni e/o lo spiralamo del tubo inclinometrico ed aggiungendo miscela cementizia per compensare il volume del rivestimento in estrazione. Un ulteriore rabbocco della malta nel foro sarà effettuato, se necessario, per compensare la sedimentazione o la penetrazione nel terreno circostante.

Successivamente, il tubo inclinometrico dovrà essere accuratamente lavato con acqua pulita e con un utensile adatto con getti radiali.

L'installazione del tubo inclinometrico dovrà essere verificata inserendo per tutta la profondità una "sonda testimone" avente le stesse dimensioni delle attrezzature da utilizzare nelle prove successive.

Ciascun tubo inclinometrico dovrà essere protetto in superficie con un chiusino dotato di coperchio metallico. Il coperchio dovrà essere dotato di una serratura e due copie delle chiavi dovranno essere consegnate all'APPALTATORE alla fine dei lavori sul campo. Il chiusino metallico e la parte terminale del tubo inclinometrico dovranno essere solidarizzati a una struttura in c.a., come illustrato nella Figura 3, al fine di poter permettere il rilievo topografico della testa dell'inclinometro.

L'inclinometro dovrà essere ben segnalato e reso facilmente visibile in cantiere in maniera tale da evitare danneggiamenti. Si potranno materializzare intorno all'inclinometro quattro aste di altezza pari a 1.5-2.0 m su cui verranno avvolte due strisce di rete + nastro segnaletico catarifrangente disposte a 0.75/1.0 e 1.5/2.0 m di altezza, o delle astine metalliche orizzontali.

La guida orientata lungo la direzione di massima pendenza del versante dovrà essere scelta come guida di riferimento (guida n.1) e segnata in modo indelebile; la numerazione delle altre guide dovrà adattarsi al software di acquisizione ed interpretazione dei dati utilizzato dal SUBAPPALTATORE, sottoposto alla preventiva approvazione dell'APPALTATORE.

Almeno 10÷14 giorni dopo l'installazione, la funzionalità del tubo inclinometrico dovrà essere verificata controllando la continuità e l'allineamento degli spezzoni di tubo e che l'inclinazione e la spiratura dei tubi soddisfino i requisiti sopra citati.

La continuità ed il corretto allineamento dei segmenti di tubo dovranno essere controllati per mezzo di un "sonda testimone" di caratteristiche meccaniche analoghe a quelle della sonda che verrà utilizzata per misure successive; la "sonda testimone" verrà inserita lungo le guide fino alla profondità massima del foro e quindi estratta; si ripeterà l'operazione altre tre volte con la sonda ruotata di 90° ogni volta. Il tubo inclinometrico sarà considerato adatto per le misure successive se la "sonda testimone" potrà essere inserita ed estratta senza incontrare ostacoli o altre difficoltà.

La spiratura dei tubi dovrà essere controllata per mezzo di una sonda spiralometrica che consenta la misura dell'azimut in ogni sezione del tubo con una sensibilità e una precisione non inferiore a 0.1°/m.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 15 di 28

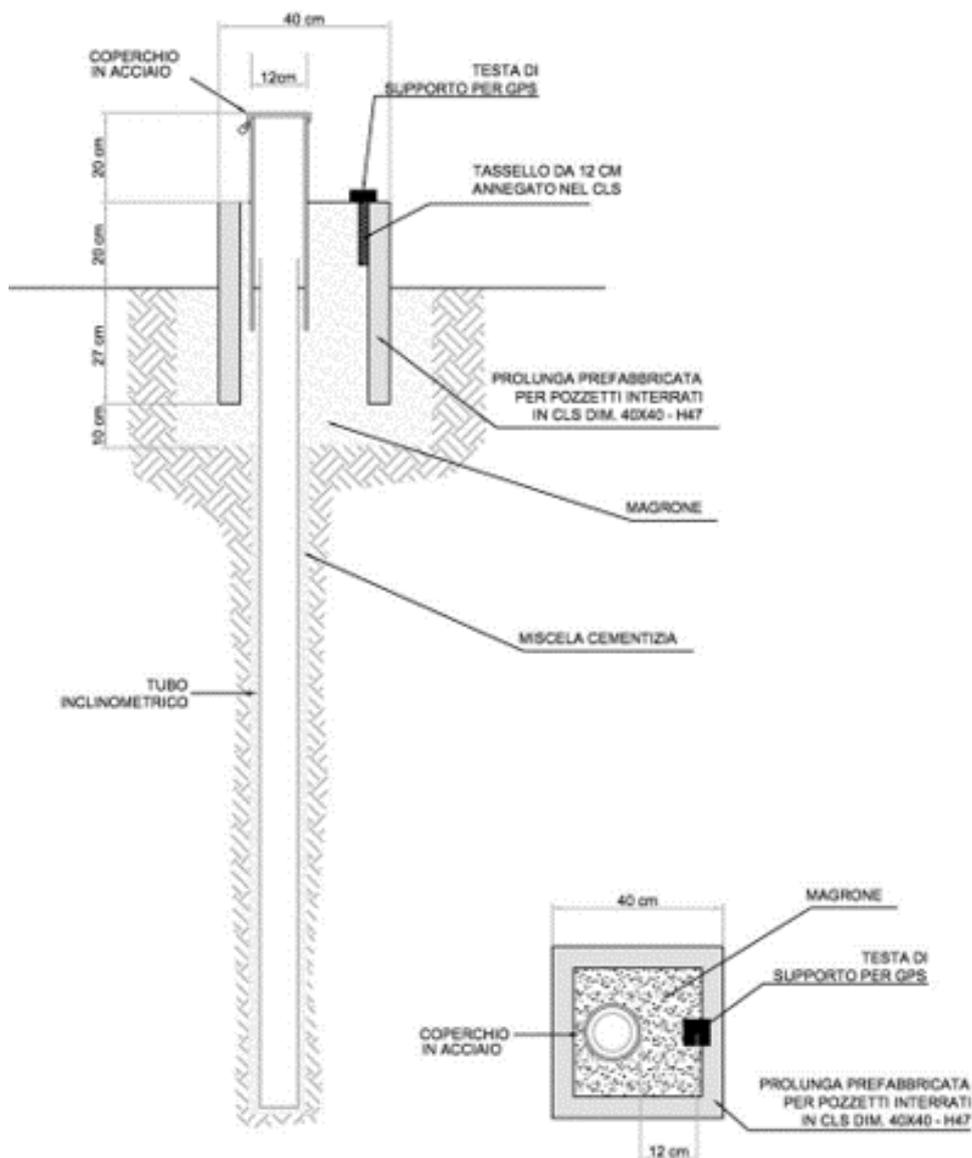


Fig. 6 - Schema di pozzetto solidarizzato a tubo inclinometro per rilievo testa con GPS

Le misure inclinometriche dovranno essere effettuate mediante la seguente strumentazione:

- una sonda inclinometrica biassiale, costituita da un corpo di acciaio inox munito di rotelle di guida con passo di 500 mm (intervallo di misura), dotata di appositi sensori servoaccelerometrici per la misura dell'inclinazione, con campo di misura di $\pm 30^\circ$, sensibilità non inferiore a $1/25.000 \text{ sen } \alpha$ e assetto azimutale non superiore a 0.5° ; i servoaccelerometri saranno disposti su due piani ortogonali tra loro, dei quali uno parallelo alle scanalature di guida e l'altro perpendicolare ad esse;
- centralina portatile digitale, con appositi display per la lettura dei dati, dotata di sistema di acquisizione;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	16 di 28

- cavo elettrico di collegamento tra la sonda inclinometrica e la centralina di misura, con tacche vulcanizzate/inamovibili ogni 0.5 m e lunghezza non inferiore a 50 m, con relativo rullo avvolgicavo; la distanza tra la prima tacca di riferimento del cavo e l'asse tra le rotelle superiori della sonda inclinometrica dovrà essere riportata nella documentazione del SUBAPPALTATORE. L'errore della metratura del cavo dovrà essere inferiore a 5 cm ogni 100 m e l'allungamento con carico di 20 kg inferiore allo 0.05%; il cavo dovrà inoltre garantire nel tempo la costanza della distanza tra le tacche di misura, da verificare con bindella metrica indeformabile ad intervalli regolari, non superiori a 6 mesi;
- carrucola dotata di strozzacavo da installare temporaneamente sulla testa del tubo inclinometrico durante le letture;
- sonda testimone per il controllo dei tubi inclinometrici prima dell'inizio di una serie di misure, con relativo rullo avvolgicavo.

L'utilizzo di strumentazione con caratteristiche diverse da quelle sopra descritte dovrà essere sottoposta alla preventiva autorizzazione da parte dell'APPALTATORE.

Alla fine dell'installazione e verifica dei tubi inclinometrici, il SUBAPPALTATORE dovrà consegnare per ciascun inclinometro, una monografia d'installazione riportante:

- denominazione del tubo inclinometrico;
- data di installazione;
- ubicazione plano-altimetrica del tubo in coordinate geografiche GaussBoaga, WSG84 e UTM-ED50; quota assoluta o relativa dell'estremità superiore del chiusino di protezione.
- una fotografia „di insieme“ dell'installazione con rappresentazione di punti di riferimento riconoscibili e rilocalizzabili (strade, alberi, altri elementi naturali, ecc.);
- stratigrafia del sondaggio, qualora presente;
- fotografie ad alta qualità delle cassette di sondaggio, qualora effettuato; breve rapporto sulle modalità di realizzazione del foro, data di perforazione, tipo di riempimento del foro, eventuali problematiche registrate in fase di perforazione;
- riferimenti consegnatario lucchetti dei chiusini;
- schema grafico riportante la numerazione delle guide sovrapposto ed orientato su uno stralcio topografico riportante le curve di livello del terreno;
- una fotografia che mostri chiaramente:
 - la testa del tubo inclinometrico;
 - la guida di riferimento (guida n.1), adeguatamente contrassegnata;
 - una bussola affiancata alla guida di riferimento (guida n.1) che mostri la direzione del Nord magnetico;
- azimuth della guida di riferimento (guida n.1);
- tipologia del tubo e dei manicotti di raccordo installati e lunghezza spezzoni qualora vengano utilizzati spezzoni diversi da 3 metri;
- lunghezza dello spezzone di tubo più superficiale (quello che viene tagliato per completare l'installazione) e lunghezza dell'elevazione rispetto al livello del terreno della bocca-tubo;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione, distinguendo tra il volume utilizzato per il riempimento iniziale, quello utilizzato per

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	17 di 28

- il rabbocco durante l'estrazione del rivestimento e quello eventuale per compensare la sedimentazione o la penetrazione nel terreno circostante;
- schema di installazione nel foro del tubo inclinometrico;
 - schema con misure del pozzetto solidarizzato alla testa del tubo inclinometrico e coordinate geografiche GaussBoaga, WSG84 e UTM-ED50 della testa di supporto per misure topografiche (Fig.3).
 - Misura di deviazione tubazione dalla verticale;
 - Misura della spiratura;
 - Registrazione delle lettura inclinometrica di zero.
 - I certificati delle letture inclinometriche dovranno riportare le seguenti informazioni:
 - denominazione del tubo inclinometrico;
 - data di installazione;
 - ubicazione plano-altimetrica del tubo in coordinate geografiche GaussBoaga, WSG84 e UTM-ED50; quota assoluta o relativa dell'estremità superiore del chiusino di protezione.
 - una fotografia „di insieme“ dell'installazione con rappresentazione di punti di riferimento riconoscibili e rilocalizzabili (strade, alberi ed altri elementi naturali, ecc.);
 - descrizione del sistema inclinometrico con schema grafico riportante la numerazione delle guide sovrapposto ed orientato su uno stralcio topografico riportante le curve di livello del terreno;
 - una fotografia che mostri chiaramente:
 - la testa del tubo inclinometrico;
 - la guida di riferimento (guida n.1), adeguatamente contrassegnata;
 - una bussola affiancata alla guida di riferimento (guida n.1) che mostri la direzione del Nord magnetico;
 - azimut della guida di riferimento (guida n.1);
 - condizioni meteo al momento delle letture;
 - commento alle letture eseguite;
 - tabelle delle letture di campagna;
 - grafici degli spostamenti per punti ed angoli azimutali in funzione della profondità;
 - grafici degli spostamenti cumulati ed angoli azimutali in funzione della profondità;
 - diagramma polare della deviazione.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	18 di 28

6.1.2.2. Sistema di lettura

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura esterna e garantire adeguata stabilizzazione termica della strumentazione in foro.

La prima lettura di zero verrà eseguita ad avvenuta presa della boiaccia di cementazione (comunque non prima di una settimana dall'installazione).

Per misure inclinometriche la lettura di zero dovrà essere eseguita procedendo dal basso verso l'alto sulle 4 guide e con passo di misura pari a quella dei carrelli della sonda (passo della sonda di misura)

Le letture di esercizio potranno essere eseguite sulle due guide che hanno fornito minor medio valore di semi scarto fra letture opposte.

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi, potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di letture di esercizio su 4 guide.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafici profondità-spostamento incrementale ed assoluto).

Le letture inclinometriche non corrette (di zero e successive), le letture della deviazione dalla verticale e le letture spiralmetriche dovranno essere fornite anche su supporto digitale in formato editabile in formato txt.

6.1.2.3. Frequenza dei rilevamenti

La lettura sarà effettuata in corrispondenza delle diverse fasi di scavo ed in funzione delle tipologie di elementi in cui il sistema si andrà ad innestare con una cadenza di:

- ✚ 1 lettura settimanalmente e per le varie fasi di ribasso dello scavo fino alla quota di fondo scavo.

A completamento dello scavo con cadenza:

- ✚ 1 lettura settimanalmente per il primo mese dalla fine dello scavo;
- ✚ 1 lettura ogni due settimane per i mesi successivi fino a ritombamento completo.

6.1.3 Celle di carico

Si tratta di strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

6.1.3.1. Definizione del programma di misura

Le celle di carico devono essere disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare nel tempo il tiro effettivo a cui sono soggetti i tiranti, posizionati con l'interdistanza precedentemente definita (paragrafo 6). Le celle devono essere dotate di target ottici per la misura degli spostamenti che eventualmente potranno subire.

Nel caso in esame dovranno essere disposte n. 26 celle di carico di tipo toroidale, alloggiato tra la piastra di ripartizione e la testa di ancoraggio, si veda l'elaborato grafico "Fase provvisoria- monitoraggio -Planimetria e sezioni con dettagli costruttivi".

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	19 di 28

6.1.3.2. Attrezzatura

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- Un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain gauges 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 in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- Un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

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 sono le seguenti:

- Campo di misura: 0-500KN;
- Carico ammissibile: 150% FS;
- Segnali in uscita: 4 – 20mA;
- Accuratezza: <0.5% FS;
- Sensibilità: 0.001mV;
- Temperatura operativa: -10°C : +55°C.

6.1.3.3. Modalità di posa in opera

Le testate dove si prevedono tali celle di misura dovranno essere accuratamente protette e sigillate per evitare il degrado dovuto agli agenti atmosferici.

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.

Le procedure di installazione da adottarsi dovranno essere le seguenti:

- ❖ Spianare e lisciare la superficie di contatto nell'intorno del foro predisposto per il tirante da strumentare, scalpellando le asperità maggiori;
- ❖ Stendere un leggero strato di cemento a presa rapida per garantire la planarità della superficie, qualora ce ne fosse la necessità;
- ❖ Appoggiare la cella di carico sulla superficie predisposta ed installare la piastra di distribuzione;
- ❖ Collegare la cella ad una centralina portatile e procedere alla fase di tesatura del tirante fino al valore di progetto, ricordandosi che successivamente alla tesatura si verifica un assestamento di tutto il sistema e quindi una diminuzione del valore di carico di circa un 10-15%; dovrà essere registrato il

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:					
PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	20 di 28

valore letto nel momento della tesatura (raggiunto il valore di progetto) e subito dopo aver scollegato il martinetto di tesatura, al fine di quantificare la perdita di carico;

- ❖ Fissare i cavi delle celle di carico lungo il paramento della paratia con semplice filo di legatura fino ad un pannello di centralizzazione o direttamente all'Unità di Acquisizione Dati.

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

6.1.3.4. Frequenza rilevamenti

Le celle di carico sono lette in automatico e quindi permettono l'acquisizione con cadenza costante e frequente.

In particolare si dovrà rispettare la seguente cadenza:

- ✚ 1 lettura oraria fino al completamento degli scavi;
- ✚ 1 lettura giornaliera per il primo mese dal completamento dello scavo;
- ✚ 1 lettura settimanale fino al completo 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.

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

6.1.3.5. Restituzione dati

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

- Variazione di carico rispetto al tempo;
- Variazione di carico rispetto alla temperatura.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 21 di 28

7. CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE

7.1 MIRE OTTICHE

Nel piano di monitoraggio è previsto un controllo topografico degli spostamenti nelle tre componenti spaziali. Il dato restituito dal controllo eseguito tramite Stazione Totale permette di ricostruire il movimento dei punti nelle tre coordinate spaziali per poter così ricostruire oltre a eventuali cedimenti e sollevamenti anche rotazioni delle strutture. In questo caso la risoluzione attesa è pari a 1mm + 1ppm..

Il riscontro topografico di misura da utilizzare per il controllo tridimensionale degli spostamenti può essere materializzato sia da mira ottica Micro Prisma MP, costituito da un prisma riflettente in quarzo con montatura speciale per la protezione dagli agenti atmosferici e dai raggi del sole, per letture di alta precisione. Viene eseguita una perforazione per alloggiare la base del riscontro e renderla solidale alla struttura tramite resine ad alta resistenza e/o tasselli.

Il Microprisma dovrà essere fornito con montatura speciale in struttura metallica speciale per la protezione del micro prisma dagli agenti atmosferici, dai raggi del sole per consentire al sistema di puntamento automatico della stazione robotica la massima precisione di autocollimazione. Il Microprisma sarà a quarzo riflettente con precisione di lavorazione delle superfici di 2", dimensione del quarzo 32 mm, supportando una portata del sistema automatico di puntamento fino a 400 m.

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. 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.



Fig. 7 – Esempi di Mire ottiche: a sinistra un Microprisma riflettente a destra un target riflettente su supporto

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	22 di 28

La documentazione per ciascun punto topografico dovrà comprendere:

- denominazione del punto;
- data di installazione;
- ubicazione plano-altimetrica del punto in coordinate geografiche GaussBoaga, WSG84 e UTM-ED50;
- una fotografia „di insieme“ dell'installazione con rappresentazione di punti di riferimento riconoscibili e rilocalizzabili (strade, alberi, altri elementi naturali, ecc.);
- schema di installazione;
- misura di zero.

7.2 STAZIONE TOTALE ROBOTIZZATA

Le stazioni totali robotizzate dovranno supportare le caratteristiche tecniche minime di seguito riportate:

- **DISPOSITIVO AUTOMATICO DI PUNTAMENTO**
 - Portata del Dispositivo di Puntamento oltre 1000m. in condizioni medie
 - Precisione del Puntamento Automatico <1mm. a 300m.
 - Velocità di Puntamento preciso <1sec.on
- **LETTURA ANGOLARE**
 - Visualizzazione Lettura Angoli Hz / V 0,1" (o 0,1cc)
 - Scarto Tipo (Precisione conforme a ISO 17123-3) 0,5" (= 1,5cc)
 - Compensatore a liquido, bi-assiale. Campo 4", precisione 0,5". Correzione automatica degli errori d'indice verticale, di collimazione orizzontale, dell'asse di rotazione cannocchiale, d'inclinazione dell'asse principale e d'eccentricità dei cerchi.
- **MISURA DISTANZA con Distanziometro Infrarosso di Altissima Precisione**
 - Lettura della Distanza 0,1 mm.
 - Precisione (Precisione conforme a ISO 17123-4) 1mm. + 1 ppm
 - Portata del Distanziometro circa 3000 m. con un prisma
- **CANNOCCHIALE ad immagine dritta e 30 ingrandimenti, con visuale minima di 1.7 m.**
 - Dispositivo di messa a Fuoco micro e macro.

Lo strumento consente di eseguire misure angolari e lineari utilizzando una procedura di ricerca e di collimazione automatica dei punti, costituiti da prismi retroriflettori di precisione. I prismi vengono preferiti ai target per ovvie considerazioni sulla maggior precisione e ripetibilità della misura, soprattutto in ragione dell'utilizzo di procedure automatizzate di collimazione (ATR).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 23 di 28



Fig. 8 – Stazione totale robotizzata

7.3 CAPOSALDI TOPOGRAFICI

I caposaldi topografici per il monitoraggio dovranno essere costituiti da una vite in acciaio inox, con testa sferica del diametro di 10mm e della lunghezza di 400mm, o prolungata tramite una barra metallica filettata, inserita all'interno di un foro del diametro di 100mm e profondità di 400mm riempito con boiaccia cementizia. Sulla testa della vite dovrà essere presente un'apposita scalfitura per le operazioni di misurazione. (figura 6).

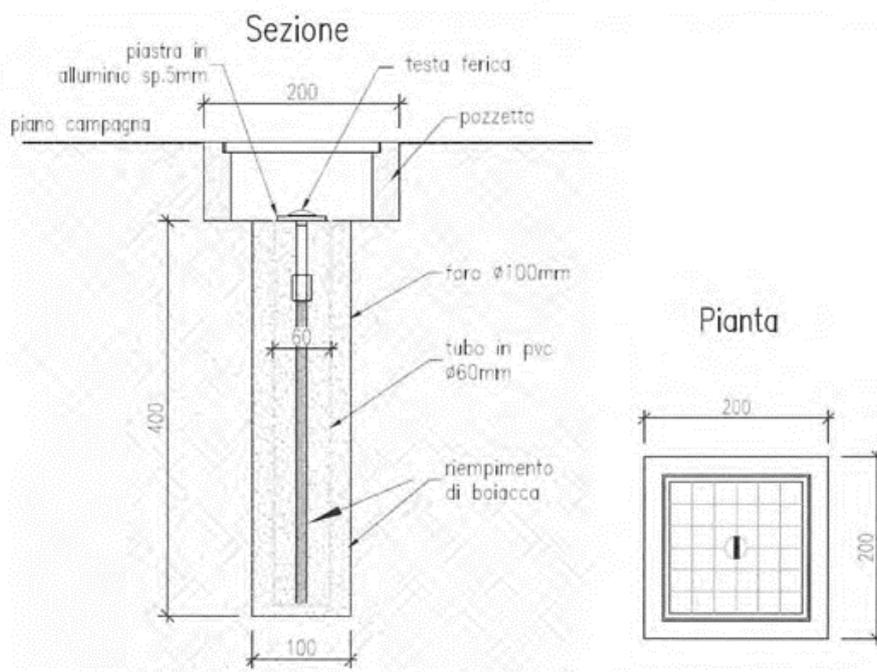


Fig. 9 – Caposaldi topografici per il monitoraggio

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	24 di 28

Le misure dovranno essere eseguite con strumentazione avente le caratteristiche dei punti precedenti ed utilizzando una "palina" topografica dotata di miniprisma (figura 7).



Fig. 10 – Palina telescopica con miniprisma

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 (geodetica) utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

7.4 RETE GEODETICA

Nella progettazione della rete geodetica di controllo topografico si dovrà definire una rete di inquadramento utile a garantire la stabilità del punto di stazione e, di conseguenza, delle Stazioni Totali Robotizzate.

Qualora a causa di impedimenti logistici, burocratici e morfologici, non sia possibile materializzare il pilastro per il posizionamento della Stazione Totale in un punto, all'interno della portata strumentale o a distanze comparabili con quelle in essere tra i punti da monitorare, che sia esterno alla zona in osservazione così da poter essere considerato con certezza come punto fisso, per controllare la stabilità del sistema di riferimento dovranno essere posizionati almeno tre prismi, utilizzati come punti di riferimento. I punti di riferimento dovranno essere posizionati in un'area comunque prossima all'area in osservazione per avere distanze dal punto di stazione simili tra questi ultimi ed i punti da monitorare. Tale soluzione risponde alla necessità di non perdere l'efficacia delle procedure di calibrazioni interne della stazione totale, utili a limitare gli effetti della rifrazione atmosferica, ed inoltre, di consentire che gli eventuali errori strumentali sulle misure angolari relativi al punto di orientamento risultino comparabili a quelli relativi ai punti di controllo. L'installazione di punti di riferimento esterni in numero di tre, oltre a migliorare l'efficacia della geometria della rete e la precisione del sistema, consente inoltre di individuare eventuali fenomeni di instabilità dei punti esterni.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	25 di 28

Il pilastrino di stazione sarà attrezzato con una piastra di precisione necessaria al centramento forzato della Stazione Totale, realizzato lasciando permanentemente in sito la base dello strumento dotata di serraggio a baionetta. Come schema di monitoraggio si utilizzerà uno schema semplificato che prevede la misura degli eventuali spostamenti dei punti di controllo da un'unica stazione; senza quindi fornire misure ridondanti, ma restituendo comunque dati sufficienti per una corretta valutazione degli eventuali spostamenti presenti. Tale soluzione è consentita dalle caratteristiche operative (calibrazione interna della stazione totale, ripetizioni in automatico degli strati, verifica in automatico degli errori di chiusura, ecc.) e di precisione garantite della strumentazione topografica utilizzata.

I prismi dovranno essere installati in posizioni con le miglior intervisibilità con il punto di stazione e considerate meno interessata dalle future fasi di cantiere. Si ricorda che una caratteristica dei prismi è quella di convogliare il fascio laser, proveniente da qualsiasi direzione, al proprio centro.

7.5 MODALITA' DI RILIEVO

Per l'esecuzione dei rilievi sui prismi si prescrive l'utilizzo di procedure automatizzate di collimazione (ATR).

Nella prima sessione, effettuata con la stazione automatica, viene realizzato un ciclo di insegnamento utilizzando delle misure di riferimento acquisite sui punti in modalità manuale.

Ad ogni sessione di misura, prima di avviare le misure di monitoraggio in automatico si procederà ad:

- effettuare la calibrazione del compensatore biassiale;
- verificare alcuni parametri di controllo del sistema;
- effettuare un ciclo di verifica che esegue in automatico la collimazione dei punti per verificarne la loro effettiva disponibilità.

Il riconoscimento della visibilità di tutti i punti di misura inseriti nel file di riferimento è necessario per procedere alla collimazione automatica dei punti. Nel caso in cui un punto di monitoraggio non sia visibile (causa copertura da attrezzature di cantiere, effetti di rifrazione o accidentali spostamenti), questo deve essere escluso manualmente dal file di riferimento per consentire l'esecuzione della misura automatica. Per ogni punto visibile vengono indicate le variazioni delle tre coordinate nel sistema locale (ΔEst , $\Delta Nord$ e $\Delta Quota$) rispetto al ciclo di insegnamento, che devono risultare al di sotto della tolleranza stabilita (raggio di ricerca di 0.5 m).

Successivamente, si procede con il programma di monitoraggio per la misura dei punti imponendo la realizzazione delle ripetizioni (strati), in numero di almeno 3 (tre). Al termine della misura viene effettuato un controllo dell'errore di chiusura degli strati che fornisce i valori della deviazione standard orizzontale (in cc), verticale (in cc) e delle distanze (in mm). Se tali valori rientrano nella tolleranza stabilita le misure vengono archiviate. Altrimenti si dovrà procedere alla ripetizione del rilievo.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di Monitoraggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GA0200002	REV. B	FOGLIO. 26 di 28

8. DEFINIZIONE DEI VALORI SOGLIA DELLE GRANDEZZE MONITORATE

Nel seguito si riportano i valori di deformazione da assumersi quale riferimento in fase di scavo della paratia di imbocco per i riferimenti topografici sulla trave di testata e sui paramenti della paratia stessa.

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.

✚ Mire ottiche - paratia:

	Spostamento	
	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
A scavo ultimato	1.60cm	2.05cm

Tabella 1. Definizione delle soglie per le opere di sostegno. Spostamento Paratia provvisoriale

✚ Celle di carico sui tiranti:

	Ordine Tirante	Tiro (KN)	
		Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Tratto Sez. 1	I	332.89	432.757
	II	343.11	446.043
	III	391.09	508.417
	IV	455.00	591.5
	V	455.05	591.565
Tratto Sez. 2	I	349.64	454.532
	II	348.10	452.53
	III	391.97	509.561
	IV	455.00	591.5
Tratto Sez. 3	I	330.62	429.806
	II	361.80	470.34
	III	437.38	568.594
	IV	458.01	595.413
	V	454.99	591.487
Tratto Sez. 4	I	346.07	449.891
	II	391.18	508.534
	III	425.29	552.877
Tratto Sez. 5	I	338.48	440.024
	II	387.07	503.191
	III	410.77	534.001
Tratto Sez. 6	I	329.18	427.934
	II	374.52	486.876

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di Monitoraggio	IBOU	1BEZZ	RH	GA0200002	B	27 di 28

Tratto Sez. 7	I	339.02	440.726
	II	390.08	507.104
Tratto Sez. 8	I	338.1	439.53

Tabella 2. Definizione delle soglie per le opere di sostegno. Tiro tiranti

✚ Mire ottiche – Muro di sostegno:

	Spostamento	
	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
A muro ultimato Spostamento in X	3.60cm	4.65cm
A muro ultimato Spostamento in Y	2.00cm	2.60cm

Tabella 3. Definizione delle soglie per le opere di sostegno. Spostamento Muro di sostegno Definitivo

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. Questo in ragione del fatto che l'opera, anche raggiungendo valori deformativi/tensionali pari a quelli di calcolo, mantiene comunque ancora dei fattori di sicurezza sui materiali.

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, ovvero verificare se le defomazioni rilevate risultino compatibili con la resistenza delle strutture in progetto.