

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO**

**NUOVO BY PASS PEDONALE N° 6  
Interconnessione Voltri  
Relazione di Monitoraggio in corso d'opera**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R O	G N 9 4 D 0	0 0 2	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	Rocksoil 	24/09/2014	Rocksoil 	26/09/2014	A. Palomba 	30/09/2014	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Verifica generale tracciamento per minimali affinamenti post RdM IG5105ECV RMGN23C0002 e IG5105ECV RMGN22D0002	Rocksoil 	16/11/2015	Rocksoil 	23/11/2015	A. Mancarella 	27/11/2015	
A02	Modifica lotto costruttivo a seguito 2° A.M. (18.01.2015) RdM IG51-04-E-CV-RM-GN94-D0-002	Rocksoil 	07/03/2016	Rocksoil 	09/03/2016	A. Mancarella 	11/03/2016	

n. Elab.:	File: IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02
-----------	---------------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 20</p>

## INDICE

INDICE.....		3
1. INTRODUZIONE.....		5
2. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE DI SCAVO .....		7
2.1 Rilievi.....		7
2.1.1 Rilievi di tipo analitico.....		7
2.1.2 Rilievo di tipo speditivo.....		12
2.1.3 Rilievo di tipo speditivo-pittorico.....		12
2.1.4 Archiviazione dei dati geologici.....		12
2.2 Misure di convergenza a cinque punti .....		13
2.2.1 Installazione .....		13
2.2.2 Rilevamenti e restituzione risultati .....		13
2.3 Misure di estrusione topografiche.....		14
2.3.1 Installazione .....		14
2.3.2 Frequenza delle letture, acquisizione e restituzione dati .....		15
3. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEL PRERIVESTIMENTO .....		16
3.1 Misura dello stato tensionale del prerivestimento con barrette estensimetriche e celle di carico. 16		
3.1.1 Installazione delle barrette estensimetriche a corda vibrante a saldare .....		16
3.1.2 Installazione delle celle di carico.....		17
3.1.3 Frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati.....		18
4. DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME.....		19
5. CONCLUSIONI .....		20

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02

Foglio  
4 di 20

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p> <p>Foglio 5 di 20</p>

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione viene esposto il programma di monitoraggio previsto per il sesto by pass pedonale della galleria ferroviaria di Interconnessione III Voltri-Valico afferente alla WBS GN94D.

Lo scopo del monitoraggio, in accordo con il metodo ADECO-RS adottato in progettazione è quello di tenere sotto controllo l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L'organizzazione del sistema in questione prevede l'utilizzo di strumentazione topografica e geotecnica disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato dell'opera. La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo prevede l'impiego della seguente strumentazione articolata in due diverse fasi:

- strumentazione impiegata per il monitoraggio della fase di scavo e del terreno:
  - rilievo del fronte di scavo;
  - misure di convergenza a cinque punti;
  - misure di estrusione topografica;
- strumentazione impiegata per il monitoraggio del priverivestimento:
  - stazioni di misura dello stato tensionale del priverivestimento con celle di carico e barrette estensimetriche;

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

L'insieme di questi dati concorrerà alla determinazione delle grandezze necessarie per l'applicazione delle linee guida, relativamente alla definizione dell'intensità degli interventi, delle cadenze lavorative e della sezione tipo da applicare tra quelle previste nella tratta.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi degli interventi di monitoraggio previsti per la WBS in esame.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 6 di 20</span>

**WBS GN94D**

<b><i>Descrizione monitoraggio</i></b>	<b><i>Frequenza</i></b>	<b><i>N° sezioni strumentate</i></b>
Rilievi del fronte	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Misure di convergenza a cinque punti	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Misure di estrusione topografica	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Stazioni di misura dello stato tensionale nel priverimento	In corrispondenza delle sezioni allargate e di quella corrente	2

**Tabella 1: Strumentazione prevista per la WBS GN94D**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p> <p>Foglio 7 di 20</p>

## 2. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE DI SCAVO

Si riporta di seguito la strumentazione fondamentale utilizzata durante la fase di scavo evidenziando la tipologia d'intervento e la sua frequenza.

### 2.1 Rilievi

Si eseguono una serie di rilievi che consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo durante l'avanzamento.

Vengono operate le seguenti distinzioni:

- rilievi di tipo "analitico"
- rilievi di tipo "speditivo"
- rilievi di tipo "pittorico"

I rilievi dovranno essere eseguiti con le seguenti cadenze, alternando i diversi tipi di rilievo:

- Ogni 25 m per le sezioni tipo B0
- Ogni 2 campi di avanzamento per le sezioni tipo B2

I rilievi potranno essere effettuati in modalità pittorico-descrittiva anzichè analitica qualora l'ammasso non presentasse particolari variazioni rispetto ai rilievi precedenti.

In ogni caso il numero di rilievi richiesti è da intendersi come numero minimo; eventuali passaggi litologici o litostratigrafici di particolare rilevanza verranno analizzati con un rilievo apposito secondo le indicazioni fornite dal progettista.

#### 2.1.1 Rilievi di tipo analitico

Con questo tipo di rilievi sono determinate:

- le caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali;
- le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche.

##### 2.1.1.1 Caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali

Per effettuare tale rilievo sarà necessario individuare:

- a. caratteristiche dell'ammasso;
- b. caratteristiche delle discontinuità;
- c. condizioni al contorno.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p> <p>Foglio 8 di 20</p>

In particolare:

**a.** in relazione alla litologia dell'ammasso, andranno rilevate le seguenti caratteristiche dell'ammasso:

- 1) Genesi del litotipo;
- 2) litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche ;
- 3) condizioni (grado e tipo di cementazione/compattezza);
- 4) granulometria;
- 5) stato d'alterazione;
- 6) colore;
- 7) assetto generale dell'ammasso individuabile a scala del fronte:
  - A. stratificazione
  - B. scistosità
  - C. clivaggio
  - D. inclinazione
  - E. direzione
  - F. spessore.

**b.** in relazione alle eventuali discontinuità presenti sul fronte sarà opportuno identificare:

- 1) tipo (faglia, fratture, contatto, etc.);
- 2) localizzazione;
- 3) giacitura (inclinazione, direzione);
- 4) tipo di riempimento;
- 5) JRC (per discontinuità in ammassi lapidei);
- 6) JCS (per discontinuità in ammassi lapidei).

**c.** in relazione alle condizioni al contorno sarà necessario valutare:

- 1) condizioni idrauliche e venute d'acqua valutata sugli ultimi 8 -10 m di scavo;
- 2) distacchi gravitativi;
- 3) interventi di consolidamento e confinamento effettuati;
- 4) varie (imprevisti, variazioni operative ecc.).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 20</p>

**Con riferimento al punto “a”:**

- nella descrizione delle caratteristiche di cui al punto 2, eseguita visivamente, si dovrà dare precedenza alle dimensioni ad affinità genetica o composizionale relegando ai soli casi di necessità la scelta del criterio granulometrico tessiturale. Tale considerazione risulta importante ai fini della comprensibilità delle caratteristiche primarie del materiale da cui discendono tutte le altre. Dovranno pertanto evitarsi classificazioni litologiche puramente granulometriche avulse dalle caratteristiche petrografico-composizionali.
- Il punto 3 dovrà essere descritto individuando il grado ed il tipo di cementazione e riferendosi ad una scala riconosciuta internazionale nella descrizione della compattezza.
- Le caratteristiche granulometriche (4) dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali differenziati ed affioranti sul fronte di scavo, relegando, se ritenuto necessario, ad una determinazione di laboratorio su campioni rappresentativi prelevati manualmente l'esatto contenuto granulometrico del materiale. In entrambi i casi si dovrà utilizzare la nomenclatura proposta dall'AGI.
- Il grado di alterazione (5) dovrà essere indicato secondo una delle metodologie correnti o almeno utilizzando tre gradi come per esempio: sano, mediamente alterato, completamente alterato.
- Il colore (6) sarà riferito prevalentemente al materiale non alterato secondo una scala nota.
- La stratificazione (7) riscontrabile sul fronte sarà descritta con il maggior dettaglio possibile e misurata se possibile direttamente, altrimenti indirettamente con un fotogramma tarato (previo posizionamento di una stadia o una bindella sul metrica fronte). La descrizione della successione dovrà eseguirsi anche graficamente con la rappresentazione del fronte di scavo e dei materiali costituenti.
- L'assetto giaciturale (inclinazione, immersione) verrà misurato con la bussola rilevando le caratteristiche di immersione (dip) e direzione di immersione (dip direction).

**Con riferimento al punto “b”:**

Per ammassi lapidei, si tratta delle caratteristiche mesostrutturali secondarie dell'ammasso roccioso rappresentate dal reticolo di discontinuità composto da faglie, fratture, diaclasi, ecc.

Il loro rilievo sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) e debitamente restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche, istogrammi statistici, ecc.).

Le caratteristiche da rilevare sono descritte al punto b):

- la tipologia e natura dei piani di discontinuità principali va descritta distinguendo se si tratta di fratture, faglie, diaclasi, indicandone in tabella e sul rilievo pittorico l'esatta localizzazione.
- La giacitura dei singoli piani di discontinuità (dip e dip direction) va rilevata mediante la bussola geologica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allargata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02
	Foglio 10 di 20

- La spaziatura delle discontinuità va valutata mediante l'ausilio di una bindella metrica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. Sulla tabella va inoltre indicata l'apertura delle discontinuità stesse.
- La scabrezza delle superfici di discontinuità (JRC) va valutata numericamente, secondo quanto prescritto dall'ISRM con gli idonei strumenti.
- Il tipo di riempimento va qualificato secondo metodi speditivi evidenziando anche la natura (argilloso, limoso, ecc.).
- Il parametro JCS sarà stimato secondo le due possibilità alternative descritte:
  - COMPRESSIONE MONOASSIALE – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni speditive con pressa portatile o nel laboratorio di cantiere su campioni cilindrici con rapporto altezza-diametro pari a 2 estratti da carotaggi al fronte o sagomati da prelievi manuali al fronte. Dovrà essere adottata la metodologia sperimentale ISRM.
  - POINT LOAD TEST – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni con apparecchiatura "Point Load" in situ utilizzata, elaborata ed interpretata secondo le metodologie riconosciute internazionalmente.
- Nel caso di prospezioni in avanzamento, il parametro RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION) verrà determinato, secondo un criterio ritenuto più affidabile, tramite correlazioni con la spaziatura dei giunti precalcolate per quella particolare formazione o facies geologica.

Con riferimento al punto "c":

- la ritenzione idrica sarà stimata visivamente sul materiale e descritta con appropriati aggettivi (asciutto, umido, saturo), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza (non semplici stillicidi) dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate. In ogni caso si descriverà la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione.
- Vanno evidenziate le anomalie rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo e dovute a fuorisagoma, fornelli, distacchi gravitativi, ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicando sul rilievo pittorico l'ubicazione.
- Riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, vanno segnalati i più significativi, riportando ad esempio il numero dei bulloni, il passo ed il tipo delle centine, relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

Tutte le informazioni di cui ai punti "a", "b", "c", sopra descritte vanno consegnate entro la giornata in cui avviene il rilievo per le determinazioni del progettista riguardo la classificazione geomeccanica (appartenenza al gruppo, curva intrinseca, ecc.).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02	Foglio 11 di 20

### 2.1.1.2 Caratteristiche geotecniche-geomeccaniche

La determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso, se eventualmente richieste dal progettista, può venire valutata in maniera diretta mediante prove in situ e/o di laboratorio su campioni carotati direttamente dal fronte di avanzamento.

Per le prove in situ si prevede:

1. Pressiometro tipo MENARD o autoperforante (tipo Camkometer) per i terreni;
2. Scissometro in foro (Vane test) per i terreni;
3. Dilatometro in foro.

Nell'utilizzo del primo strumento ci si dovrà attenere alla metodologia corrente internazionale, sancita in particolare modo dalla sperimentazione e dall'esperienza tecnica sviluppatasi intorno al pressiometro Menard. Le prove saranno suborizzontali, di lunghezza superiore a 3 metri con diametro nominale adatto per accogliere lo strumento pressiometrico. Le prove saranno eseguite nel tratto finale del foro. I materiali di perforazione potranno essere conservati per analisi granulometriche.

- Le operazioni da eseguirsi con lo strumento 2) saranno sostanzialmente le stesse, potendo limitare la profondità dei fori a circa 2-2.5 metri.
- Il pressiometro autoperforante, 1), il cui impiego è ovviamente limitato a terreni soffici, non richiede l'esecuzione di fori al fronte.
- Nella prova dilatometrica, 3), andranno ricercati in particolare le indicazioni sullo stato tensionale in situ e sul modulo di deformabilità del terreno e/o roccia.

Per le prove di laboratorio, quando richieste, si prevede:

1. Prove di classificazione (granulometrie, limiti, ecc.)
2. Prove di compressione ad espansione laterale libera
3. Prove triassiali
4. Prove di taglio su giunto
5. Prove di estrusione triassiale.

Si precisa che i campioni estratti devono essere indisturbati, in particolar modo se destinati alle determinazioni delle caratteristiche meccaniche e di estrusione d'ammasso. Il trasporto e la conservazione dei campioni deve essere effettuato in modo da minimizzare eventuali modifiche (temperatura, umidità). Allo stesso modo, la preparazione dei campioni da sottoporre a prove meccaniche deve avvenire in modo da ridurre il disturbo, impiegando metodi quali sovracarotaggi, estrusione orizzontale e verticali, ecc.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 12 di 20</span>

### 2.1.2 Rilievo di tipo speditivo

Secondo le frequenze prima indicate e ogni qualvolta vi sia un passaggio litologico o tettonico sono richieste:

1. Caratteristiche litologiche-stratigrafiche e strutturali, che verranno valutate attraverso il rilevamento e la restituzione grafica e numerica di quanto già descritto in precedenza per i rilievi analitici, con le seguenti precisazioni:

relativamente al punto “a”

- l'assetto generale dell'ammasso individuato alla scala del fronte, potrà essere valutato anche qualitativamente;
- la spaziatura delle discontinuità potrà essere valutata anche qualitativamente;
- il parametro JRC verrà valutato qualitativamente;
- il parametro JCS verrà valutato secondo la metodologia H.R. (Hammer Rebound) secondo le prescrizioni già citate ISRM.

### 2.1.3 Rilievo di tipo speditivo-pittorico

Il rilievo speditivo-pittorico ha la funzione fondamentale di conferma/verifica del rilievo speditivo più vicino, e si compone in sostanza di un rilievo qualitativo dell'ammasso senza il rilevamento diretto dei dati. Questo tipo di rilievo prevede la restituzione grafica delle caratteristiche principali dell'ammasso rilevabili alla scala del fronte.

### 2.1.4 Archiviazione dei dati geologici

I dati relativi alle caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali, per i tipi di rilievo previsti, devono essere archiviati mediante un apposito programma con elaboratore elettronico, in modo da poterne disporre in qualunque momento durante la costruzione dell'opera. L'archivio andrà costituito mediante singole schede, suddivise per singole tratte di ogni galleria in funzione degli attacchi previsti nel programma lavori, su ognuna delle quali devono essere rappresentate in opportuna scala i dati necessari con particolare riguardo a:

- nome e tratta di galleria in esame;
- coperture;
- progressive;
- sezione longitudinale;
- litotipo e litologia;
- condizioni (grado di cementazione/compattezza);
- stato (grado di alterazione);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 13 di 20</span>

- assetto;
- caratteristiche di discontinuità;
- osservazioni.

## 2.2 Misure di convergenza a cinque punti

Tali misure consistono nel rilevare la posizione piano – altimetrica di una serie di 5 punti per ogni sezione. L'obiettivo di questi rilievi è la verifica dei cedimenti degli scavi e il controllo delle deformazioni. La misurazione avviene tramite l'impiego di bulloni di convergenza e distometri meccanici. In alternativa possono essere utilizzati target riflettenti.

### 2.2.1 Installazione

Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza  $L = 50-80$  cm posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, posizionati a ridosso del fronte di scavo alla progressiva della stazione di misura. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati in termini deformativi tra spritz-beton e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori (prismi cardanici riflettenti o catadiottri), posizionati a ridosso del fronte di scavo, in particolare a circa 1.0 m dal fronte stesso.

### 2.2.2 Rilevamenti e restituzione risultati

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo le seguenti frequenze:

- n. 1 stazione ogni 25 m di avanzamento circa per la sezione tipo B0
- n. 1 stazione ogni 2 campi di avanzamento circa per le sezioni tipo B2

La frequenza dei rilevamenti, da precisare in corso d'opera, è la seguente:

- n. 1 misura al giorno fino a una distanza dal fronte di 10 m, quindi n. 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo o fino alla stabilizzazione della misura, per la categoria di comportamento tipo A.
- n. 1 misura al giorno fino a una distanza dal fronte di 10 m, quindi n. 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo, per la categoria di comportamento tipo B.
- n. 1 misura al giorno fino ad una distanza dal fronte di 15 m, quindi n. 3 misure alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo, per la categoria di comportamento tipo C.

Ciascuna stazione di misura viene disposta presso l'ultima centina posizionata, a circa 1m dal fronte stesso.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 14 di 20</span>

La lettura di riferimento ("0") andrà eseguita immediatamente e categoricamente prima del successivo sfondo parziale.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da caposalda siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza  $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ .

Il sistema di elaborazione ha come scopo quello di fornire i diagrammi in funzione del tempo dei seguenti dati:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, murette, arco rovescio e calotta...).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. È richiesta altresì una copia di tali dati anche su supporto digitale.

## 2.3 Misure di estrusione topografiche

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo in senso longitudinale, valutati su nove punti per ogni stazione di misura, attrezzati con mire ottiche che consentano la lettura mediante strumento topografico di precisione.

### 2.3.1 Installazione

Le basi di misura sono costituite da 9 supporti di dimensioni adeguate, vincolati alla superficie del fronte, ai quali devono essere fissati i target riflettenti.

La frequenza di esecuzione di tali misure è di massima pari a:

- n. 1 stazioni ogni due campi d'avanzamento per le sezioni tipo B2;
- non previste per le sezioni B0,

Si precisa che l'utilità di tale strumentazione è da correlarsi alla misura delle estrusioni differite nel tempo, pertanto l'applicazione della sezione dipende dalle fasi di scavo, getto e consolidamento applicate nella tratta. E' chiaro, infatti, che l'installazione della strumentazione risulta utile a cogliere il comportamento nel tempo solo nel caso di fronte fermo per un periodo superiore alle 36-48h in assenza di lavorazioni che possano disturbare le letture (consolidamento).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 15 di 20</span>

### 2.3.2 *Frequenza delle letture, acquisizione e restituzione dati*

Si prevede un numero minimo di letture da eseguire:

- lettura di riferimento prima del consolidamento del fronte;
- n. 1 lettura al termine degli interventi di consolidamento;
- n. 1 lettura al giorno sino alla ripresa degli scavi.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che rilevano le posizioni assolute delle basi di misura rispetto a un sistema di riferimento tridimensionale fisso costituito da capisaldi siti in galleria.

Le misure permettono di risalire alle coordinate spaziali delle nove basi e quindi allo spostamento in direzione longitudinale delle stesse. La tolleranza massima consentita è di  $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ . Il sistema di elaborazione dati avviene su apposito software e si richiede la restituzione grafica e numerica di tutti gli spostamenti per ogni punto situato lungo l'asse della galleria e di tutti gli spostamenti integrati nelle due direzioni principali x ed y. Tutti i dati elaborati vanno forniti in tempo reale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02	Foglio 16 di 20

### 3. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEL PRERIVESTIMENTO

Si riporta la strumentazione fondamentale utilizzata durante il monitoraggio del prerivestimento evidenziando la tipologia d'intervento e la sua frequenza.

#### 3.1 Misura dello stato tensionale del prerivestimento con barrette estensimetriche e celle di carico

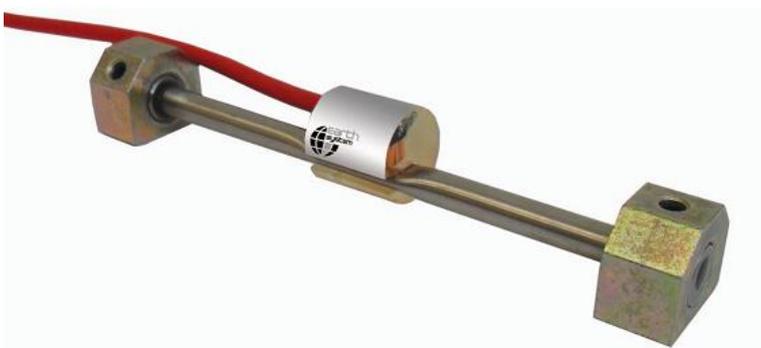
Si prevede l'utilizzo di *barrette estensimetriche a corda vibrante a saldare* per la determinazione della deformazione nei prerivestimenti. Si ingloba nel corpo strumentale un termistore per la misura della temperatura. Si prevede la presenza di un filo di acciaio tra due estremità sul supporto da monitorare del quale si misurano le deformazioni ottenute in seguito ad una eccitazione del cavo causata da un input elettrico. Si prevede l'utilizzo di *celle di carico* installate tra le piastre di giunzione delle centine al fine di misurare il grado di carico al quale è sottoposto il profilo metallico.

##### 3.1.1 Installazione delle barrette estensimetriche a corda vibrante a saldare

Si prevede l'installazione di 3 coppie di barrette estensimetriche (1 in calotta e 2 sui piedritti) posizionate nel prerivestimento (sull'anima delle centine) con le caratteristiche in seguito riportate:

#### CARATTERISTICHE TECNICHE BARRETTA A SALDARE

- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000  $\mu\epsilon$
- ✓ Sensibilità: 0,1  $\mu\epsilon$
- ✓ Accuratezza: 0,1% F.S.
- ✓ Non linearità: migliore dello 0,5% F.S.
- ✓ Range di temperatura  
funzionamento: -30°C fino a +90°C
- ✓ Sensore di temperatura:  
integrato NTC 3 k $\Omega$
- ✓ Resistenza della bobina: 150 $\Omega$
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:  
12,2 $\mu\epsilon/^\circ\text{C}$



Le barrette estensimetriche sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 17 di 20</span>

permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione. Strati sovrapposti di resine sono posti a protezione della parte sensibilizzata della barra per preservarne la funzionalità in caso di urti o immersione.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante sono costituite da un cavo in acciaio armonico teso tra due blocchi, fissati a loro volta all'anima della centina, mediante bullonamento o resinatura.

La frequenza di vibrazione del cavo di acciaio è funzione delle deformazioni della centina nella sezione considerata.

Mediante l'applicazione della legge di Hooke ( $\sigma = \varepsilon \cdot E$ ) è possibile risalire allo stato tensionale presente.

### 3.1.2 Installazione delle celle di carico

Saranno inoltre installate 2 celle di carico fra le piastre di giunzione delle centine ad altezza delle reni o al piede delle centine stesse. Le caratteristiche tecniche risultano essere le seguenti:

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

- ✓ Campo di misura: 1.900-3.000 kN
- ✓ Sensibilità nominale: 2,0 mV/V +/-0,1%
- ✓ Piatto cella: sensibilizzata  
con n. 16 strain gauges
- ✓ Ripetibilità: > +/- 0,02% F.S.
- ✓ Carico ammesso: 150% F.S.
- ✓ Carico di rottura: 300% F.S.
- ✓ Grado di protezione: IP 67
- ✓ Alimentazione elettrica: 5-10 Vcc
- ✓ Materiale: acciaio inox
- ✓ Temperatura di  
funzionamento: -20°C/+70°C
- ✓ Freccia massima a carico: 0,4 mm
- ✓ Isolamento: > 5.000 mΩ
- ✓ Compensazione in  
temperatura: -10°C/+60°C
- ✓ Effetto della temperatura  
sullo 0 (5°C): <± 0,02% F.S.
- ✓ Effetto della temperatura  
sulla sensibilità: (5°C) <± 0,005% F.S.



La cella di carico tipo è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso e isolate.

Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02	Foglio 18 di 20

La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

Le celle di carico vengono impiegate fra le piastre di giunzione della centina e sulle reni del piatto d'unione per valutare il carico che esse trasmettono al loro piede e quindi la pressione a cui esse sono sottoposte. Nel seguito vengono indicate le soglie di carico per ogni centina adoperata:

<b>Profilo centine</b>	<b>Soglia di carico</b>	<b>Sezione</b>
1xHEA 180	0 – 200 ton	B0/B2 (pedonale corrente)
1xHEA 200	0 – 200 ton	B2(pedonale allargata)

Relativamente alla frequenza di installazione si rimanda al profilo geomeccanico.

Il numero di stazioni di monitoraggio impiegate è riportato nella

<b>Descrizione monitoraggio</b>	<b>Frequenza</b>	<b>N° sezioni strumentate</b>
Rilievi del fronte	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Misure di convergenza a cinque punti	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Misure di estrusione topografica	In funzione della sezione tipo	Vedi descrizione
Stazioni di misura dello stato tensionale nel priverstimento	In corrispondenza delle sezioni allargate e di quella corrente	2

Tabella 1 di riepilogo.

### 3.1.3 Frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire per ogni cella di carico e per ogni barretta estensimetrica relativamente alla fase di monitoraggio del priverstimento è il seguente:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino 10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino 30 m.
- n. 1 lettura alla settimana con il fronte a distanza maggiore di 30 m fino al getto del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02 <span style="float: right;">Foglio 19 di 20</span>

#### 4. DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

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

I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto relativamente ai parametri salienti quali spostamenti, deformazioni, tensioni, ecc...

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 risultare incontrollabili.

Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo, 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.

Per un maggior dettaglio relativamente alle soglie di attenzione e di allarme si rimanda agli specifici elaborati.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-GN94-D0-002-A02</p>	<p>Foglio 20 di 20</p>

## 5. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato descritto il programma di monitoraggio previsto per il sesto by-pass della galleria di interconnessione – GN94D.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in due fasi finalizzate al monitoraggio del fronte di scavo e dei priverimenti. Al fine di ottenere una corretta procedura di monitoraggio si è descritta la strumentazione da adottare e si sono definiti per ciascuna fase i criteri di rilevamento, acquisizione e restituzione dei dati ottenuti.