

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**

**GALLERIA NATURALE DI INTERCONNESSIONE III VALICO - VOLTRI  
Binario Pari da PK 0+236.278 a PK 2+356.986  
Relazione di Monitoraggio in corso d'opera**

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR                         | DIRETTORE DEI LAVORI |  |
| Consorzio<br><b>Cociv</b><br>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 2 2 D X      | 0 0 1  | A    |

| Progettazione : |   |              |            |              |            |                         |            |   |
|-----------------|---|--------------|------------|--------------|------------|-------------------------|------------|---|
| Rev             | Descrizione   | Redatto      | Data       | Verificato   | Data       | Progettista Integratore | Data       | IL PROGETTISTA  |
| A00             | Emissione   | Rocksoil<br> | 25/07/2014 | Rocksoil<br> | 28/07/2014 | A. Palomba<br>          | 30/07/2014 | <br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci<br>Dott. Ing. Aldo Mancarella<br>Ordine Ingegneri Prov. TO<br>n. 6271 R |
| A01             | Revisione a seguito RdM IG51-05-E-CV-RM-GN22-D0-002                                   | Rocksoil<br> | 16/11/2015 | Rocksoil<br> | 23/11/2015 | A. Mancarella<br>       | 27/11/2015 |   |
| A01             | Modifica lotto costruttivo a seguito 2° A.M. (18.12.2015) - RdM IG5104ECVRMGN22 D0001 | Rocksoil<br> | 07/03/2016 | Rocksoil<br> | 09/03/2016 | A. Mancarella<br>       | 11/03/2016 |   |

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| n. Elab.: | File: IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 |
|-----------|---------------------------------------|



|  |   |                           |
|--|---|---------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                           |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p>  | <p>Foglio<br/>3 di 36</p> |

## INDICE

|   |  |    |
|---|--|----|
| INDICE.....   |  | 3  |
| 1. INTRODUZIONE.....  |  | 5  |
| 1.1 SINTESI DEGLI INTERVENTI DI MONITORAGGIO PREVISTI.....  |  | 7  |
| 2. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DURANTE LA FASE DI SCAVO.....                          |  | 8  |
| 2.1 Rilievi.....  |  | 8  |
| 2.1.1 Rilievi di tipo analitico.....  |  | 9  |
| 2.1.2 Rilievo di tipo speditivo.....  |  | 14 |
| 2.1.3 Rilievo di tipo speditivo-pittorico.....  |  | 14 |
| 2.1.4 Archiviazione dei dati geologici.....   |  | 14 |
| 2.2 Indagini in avanzamento.....  |  | 15 |
| 2.3 Estensimetri multibase.....   |  | 16 |
| 2.3.1 Installazione.....  |  | 16 |
| 2.3.2 Frequenze di lettura e restituzione finale dati.....  |  | 17 |
| 2.4 Misure di convergenza a cinque punti.....   |  | 19 |
| 2.4.1 Installazione.....  |  | 19 |
| 2.4.2 Rilevamenti e restituzione risultati.....   |  | 19 |
| 2.5 Misure di estrusione topografiche.....  |  | 21 |
| 2.5.1 Installazione.....  |  | 21 |
| 2.5.2 Frequenza delle letture.....  |  | 21 |
| 2.6 Misure di estrusione estensimetriche.....   |  | 23 |
| 2.6.1 Installazione.....  |  | 23 |
| 2.6.2 Frequenza delle letture, acquisizione e restituzione dati.....                                      |  | 24 |
| 3. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEL PRERIVESTIMENTO.....                               |  | 25 |
| 3.1 Misura dello stato tensionale del prerivestimento con barrette estensimetriche e celle di carico..... |  | 25 |
| 3.1.1 Installazione delle barrette estensimetriche a corda vibrante a saldare.....                        |  | 25 |
| 3.1.2 Installazione delle celle di carico.....  |  | 26 |
| 3.1.3 Frequenza dei rilevamenti e restituzione dei dati.....  |  | 27 |
| 3.2 Celle di carico sui bulloni di ancoraggio.....  |  | 27 |
| 4. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO.....                       |  | 28 |
| 4.1 Barrette estensimetriche a corda vibrante entro il rivestimento definitivo.....                       |  | 28 |
| 4.1.1 Installazione della strumentazione e rilevamento dei dati.....                                      |  | 28 |
| 4.1.2 Acquisizione e restituzione dei dati.....   |  | 29 |

|   |   |
|---|---|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>               |
|   | <p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>4 di 36</p> |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 4.2   | Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo.....           | 30        |
| 4.2.1 | Installazione .....   | 30        |
| 4.2.2 | Rilevamento, acquisizione e restituzione dati .....             | 30        |
| 5.    | <b>MONITORAGGIO IN SUPERFICIE .....</b>                         | <b>31</b> |
| 5.1   | Monitoraggio degli edifici .....                                | 32        |
| 6.    | <b>STAZIONI DI MISURA DEFINITIVA .....</b>                      | <b>33</b> |
| 7.    | <b>DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME.....</b> | <b>35</b> |
| 8.    | <b>CONCLUSIONI .....</b>  | <b>36</b> |

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p>Foglio<br/>5 di 36</p>   |

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione viene esposto il programma di monitoraggio previsto nella galleria ferroviaria di Interconnessione IIIIVALICO-VOLTRI. La WBS oggetto di indagine è la GN22D.

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 tre diverse fasi:

- strumentazione impiegata per il monitoraggio della fase di scavo e del terreno:
  - indagini in avanzamento;
  - prelievo di campioni e prove di laboratorio;
  - estensimetri multibase radiali;
  - rilievo del fronte di scavo;
  - misure di convergenza a cinque punti;
  - misure di estrusione topografiche;
  - misure di estrusione estensimetriche / incrementale.
- strumentazione impiegata per il monitoraggio del priverivestimento:
  - stazioni di misura dello stato tensionale del priverivestimento con celle di carico e barrette estensimetriche;
  - celle di carico sui bulloni di ancoraggio.
- strumentazione impiegata per il monitoraggio del rivestimento definitivo:
  - barrette estensimetriche a corda vibrante del rivestimento definitivo;

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p>Foglio<br/>6 di 36</p>   |

- mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo.
- monitoraggio in superficie.

Il monitoraggio mediante piezometri e/o inclinometri, salvo casi particolari specificati di volta in volta, non è da considerarsi oggetto del presente documento, ma si considerano inclusi nei documenti relativi alle indagini integrative previste per l'opera in oggetto.

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.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>7 di 36</span>  |

## 1.1 SINTESI DEGLI INTERVENTI DI MONITORAGGIO PREVISTI

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

### WBS GN22D

| <b>Descrizione</b>  | <b>Frequenza (m)</b>   | <b>Numero sezioni strumentate</b> |
|---|--|-----------------------------------|
| Indagini in avanzamento   | Tra la pk 0+900e la pk 1+000 circa, tra la pk 1+450 e la pk 1+600 circa e dalla pk 2+150 alla pk2+250 circa (si veda paragrafo specifico)  | -                                 |
| Prelievo di campioni e prove di laboratorio                           | Ogni 400m  | -                                 |
| Stazioni di misura dello stato tensionale nel priverivestimento       | Ogni 200m nella formazione dei Metabasalti, ogni 100m nella zona di passaggio formazionale-attraversamento di una zona di faglia, ogni 200m nella formazione delle Argille a Palombini ad eccezione della zona di sottoattraversamento del Rio Ciliegia (tratta compresa tra la pk 2+150 e la pk 2+250 circa), dove la frequenza diventa ogni 100m.      | 11                                |
| Celle di carico sui bulloni di ancoraggio                             | Eventuale su sezione B1i_aP e B4i_aP   | -                                 |
| Barrette estensimetriche a corda vibrante nel rivestimento definitivo | Ogni 200m nella formazione dei Metabasalti, ogni 100m nella 100m nella zona di passaggio formazionale-attraversamento di una zona di faglia, ogni 200m nella formazione delle Argille a Palombini ad eccezione zona di sottoattraversamento del Rio Ciliegia (tratta compresa tra la pk 2+150 e la pk 2+250 circa), dove la frequenza diventa ogni 100m. | 11                                |
| Estensimetri multibase radiali  | in corrispondenza della nicchia UAD ed in corrispondenza della zona ad alte coperture in argillosciti (pk 1+850 circa)   | 2                                 |
| Piezometri radiali  | in corrispondenza della nicchia UAD  | 2                                 |
| Misuratori di portata   | in corrispondenza della nicchia UAD  | 1                                 |
| Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo                      | in corrispondenza della nicchia UAD ed in corrispondenza della zona ad alte coperture in argillosciti (pk 1+850 circa)   | 2                                 |
| 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                  |
| Misure di estrusione incrementale                                     | ogni 300m circa, alle pk indicative riportate nel profilo geomeccanico   | 7                                 |
| Stazioni di misura definitive (NICCHIE UAD)                           | Nicchia UAD tipo $\beta$ alla 1+004.334 circa  | 1                                 |

**Tabella 1: strumentazione prevista per la WBS GN22D**

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>8 di 36</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:

#### SEZIONI STANDARD

- Ogni 50 m per la sezione tipo Ai;
- Ogni 25 m per le sezioni tipo B0i, B0Vi, B0Li\_aP, B0Vi\_aP e B1i\_aP;
- Ogni 2 campi di avanzamento per le sezioni tipo B2i, B2i\_aP, B2Vi\_aP e B4i\_aP;
- Ogni campo d'avanzamento per le sezioni tipo C2i\_aP.

#### SEZIONI ALLARGATE

- Ogni 25 m per le sezioni tipo B0L e B0V
- Ogni 2 campi di avanzamento per le sezioni tipo B2V
- Ogni campo di avanzamento per le sezioni tipo C4.

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.

Durante lo svolgimento di tali rilievi è previsto il prelievo di campioni per lo svolgimento di prove di laboratorio ogni 400m circa.



|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p>Foglio<br/>9 di 36</p>   |

### 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

a) Con riferimento 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) Andranno inoltre indicate le seguenti caratteristiche delle principali discontinuità eventualmente presenti sul fronte:

- 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).

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>10 di 36</p>               |

c) Infine si dovranno riportare eventuali osservazioni riguardo ad esempio:

- 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.).

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).

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p>Foglio<br/>11 di 36</p>  |

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 allegata.
- 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.

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p>Foglio<br/>12 di 36</p>  |

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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>13 di 36 |

### 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.
- 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 modificazioni (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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br>                    |                    |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Foglio<br/>14 di 36</td> </tr> </table> | Foglio<br>14 di 36 |
| Foglio<br>14 di 36  |   |                    |

### 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:

- l'assetto generale dell'ammasso individuato alla scala del fronte, potrà venire valutato anche qualitativamente;
- la spaziatura delle discontinuità potrà venire 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

Esso 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 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);
- assetto;
- caratteristiche di discontinuità;
- osservazioni.

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>15 di 36</span>                 |

## 2.2 Indagini in avanzamento

Qualora si renda necessario in corso d'opera potranno essere predisposte indagini geognostiche in avanzamento in zone non coperte da indagini di superficie. In linea generale tali indagini saranno eseguiti mediante sondaggi di lunghezza pari a 30-50m dal fronte di scavo, nelle zone di faglia, nelle zone di contatto tra formazioni con caratteristiche geomeccaniche differenti, comunque definiti in funzione delle reali necessità.

In corrispondenza di tali indagini, si predispone il prelievo di un campione ogni 5m e comunque in corrispondenza dei passaggi litologici significativi.

Su ciascun campione saranno eseguite le seguenti prove:

- Classificazione ( $\gamma - w - \gamma_s$ )
- Analisi mineralogiche e diffrattometriche (almeno su 2 campioni)
- Prove di compressione monoassiale in controllo di deformazione
- Prova di trazione brasiliana

Eventuali prove specialistiche saranno definite in corso d'opera in funzione dell'osservazione diretta del progettista.

Di seguito si riportano le progressive alle quali si ipotizza di predisporre tali analisi (ove le zone non fossero già state coperte da specifiche indagini di superficie):

- Tra la pk 0+900 e la pk 1+000 circa ( zona di passaggio formazionale-attraaversamento di una zona di faglia);
- Tra la pk 1+450 e la pk 1+600 circa ( scavo in area di frana attiva e sottoattraaversamento a basse coperture del Rio Trasta);
- Tra la pk 2+150 e la pk 2+250 circa al termine della WBS (sottoattraaversamento a basse coperture del Rio Ciliegia)

In particolare per i sottoattraaversamenti dei corsi d'acqua, dove risultano di particolare interesse oltre alle caratteristiche di ammasso anche i valori puntuali di permeabilità di ammasso, si rende necessaria l'esecuzione di prove Lugeon in foro. Le specifiche di dettaglio verranno definite in corso d'opera in funzione delle evidenze in sito.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>16 di 36 |

## 2.3 Estensimetri multibase

L'estensimetro multibase da foro è costituito da una o più aste di vetroresina alla cui estremità è posizionato il punto di misura costituito da una barra in acciaio a aderenza migliorata, ancorata in profondità all'interno di perforazioni e libera di scorrere all'interno di una guaina in nylon rilsan. Le aste trasmettono rigidamente il movimento degli ancoraggi profondi rispetto alla testa. Tali spostamenti relativi sono misurabili utilizzando un semplice calibro oppure possono essere acquisiti utilizzando trasduttori elettrici di spostamento lineare remotizzabili.

Questo strumento consente di rilevare lungo lo stesso asse spostamenti a profondità diverse rispetto alla bocca foro.

L'estensimetro multibase viene largamente impiegato per la misura del bulbo di deformazione in galleria, se eseguito radialmente, o per il calcolo dei cedimenti dovuti allo scavo della galleria se installati a piano campagna.

È prevista l'installazione di due sezioni strumentate mediante estensimetri multibase radiali, in corrispondenza della nicchia UAD (pk 1+004 circa) ed in corrispondenza della zona ad alte coperture in argillosciti (pk 1+850 circa).

Per la galleria in esame non sono invece previste stazioni di misura da piano campagna.

### 2.3.1 Installazione

Trattandosi di estensimetri multibase radiali da installare ad alte coperture si prevedono estensimetri di lunghezza pari a 20m e dotati di 4 basi poste a 5m, 10m, 15m, 20 m.

Si riporta un particolare dell'estensimetro ed un particolare della testa.





|  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                            |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p>  | <p>Foglio<br/>17 di 36</p> |

Le caratteristiche tecniche risultano essere le seguenti

#### ASTA DI COLLEGAMENTO

- Materiale : vetroresina
- Coefficiente di dilatazione termico:  $5,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$
- Diametro: 7 mm
- Guaina protettiva: rilsan
- Peso: 0,2 kg/m

#### ANCORAGGIO PROFONDO

Materiale: acciaio

Diametro ancoraggio: 16 mm

Lunghezza: 400 mm

Si prevede l'impiego di centraline di misura contenute in un involucro realizzato in robusto materiale con adeguato grado di protezione con l'obiettivo finali di:

- alimentare i sensori della sonda;
- amplificare i segnali rilevati
- registrare e visualizzare i valori di lettura.

#### 2.3.2 Frequenze di lettura e restituzione finale dati

La frequenza delle letture rispetterà le seguenti cadenze:

- 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 fino a stabilizzazione avvenuta.

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>18 di 36 |

- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

I dati vengono graficati nel diagramma “cedimenti verticali - profondità” che permette di valutare l’andamento delle deformazioni dell’ammasso lungo la verticale dello strumento.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>19 di 36</span>   |

## 2.4 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.

### 2.4.1 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.

### 2.4.2 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:

#### SEZIONI STANDARD

- n. 1 stazione ogni 50 m di avanzamento circa per la sezione tipo Ai;
- n. 1 stazione ogni 25 m di avanzamento circa per la sezione tipo B0i, B0Vi, B0Li\_aP, B0Vi\_aP e B1i\_aP;
- n. 1 stazione ogni campo di avanzamento per la sezione tipo B2i, B2i\_aP, B2Vi\_aP, B4i\_aP, C2i\_aP.

#### SEZIONI ALLARGATE

- n.1 stazione ogni 25 m circa per le sezioni tipo B0L e B0V
- n. 1 stazione ogni campo di avanzamento per le sezioni tipo B2V e C4.

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.

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>20 di 36</p>               |

- 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.

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 caposaldi 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.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>21 di 36</span>   |

## 2.5 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.

### 2.5.1 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:

#### SEZIONI STANDARD

- n. 1 stazione ogni due campi d'avanzamento per le sezioni tipo B2i, B2i\_aP, B2Vi\_aP, B4i\_aP;
- n. 1 stazione ogni campo d'avanzamento nel caso di sezioni tipo C2i\_aP;
- non previste per le sezioni Ai, Abi, B0i, B0Vi, B0Li\_aP, B0Vi\_aP e B1i\_aP;

#### SEZIONI ALLARGATE

- n.1 stazione ogni due campi d'avanzamento per le sezioni tipo B2V;
- n.1 stazione ogni campo d'avanzamento per la sezione tipo C4;
- non previste per le sezioni tipo B0L e B0V.

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).

### 2.5.2 Frequenza delle letture

Il numero minimo di letture da eseguire è il seguente:

- lettura di riferimento prima del consolidamento del fronte;
- n. 1 lettura al termine degli interventi di consolidamento;
- n.1 lettura al giorno
- n. 1 lettura immediatamente prima di riprendere gli scavi.

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>22 di 36</span>                 |

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 sono da fornire in tempo reale.

## 2.6 Misure di estrusione estensimetriche

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti longitudinali lungo basi di misura poste all'interno di una "colonna" estensimetrica posizionata in asse galleria in avanzamento rispetto al fronte posta all'interno di un foro di sondaggio sub-orizzontale. Il tubo sarà attrezzato con anelli magnetici o di ottone posizionati ad una distanza di 1m gli uni dagli altri.

### 2.6.1 Installazione

Lo strumento necessario è un estensimetro tipo "sliding micrometer" o "sliding deformer", costituito da una serie di tubi in PVC, muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, collegati telescopicamente sino alla lunghezza voluta e resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive.

Eseguito il foro di sondaggio della lunghezza  $\geq 30$  m viene inserita la colonna, costituita da tubi in PVC preventivamente pre-assemblati in tratte di lunghezza non superiore a 5-6 m, completando l'assemblamento durante l'installazione. Per facilitare l'installazione dell'estensimetro può essere previsto la sostituzione della perforazione di 30 m in unica soluzione con due perforazioni consecutive purchè sia garantita una sovrapposizione di circa 10m.

Le caratteristiche tecniche degli estensimetri risultano essere le seguenti:



Particolare anello ottone.



Particolare anello magnetico.

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TUBO

|                                 |            |  |
|---------------------------------|------------|--|
| materiale                       | ABS        |  |
| tipo                            | 70         |  |
| A (Diametro interno mm)         | 60,0       |  |
| B (diametro esterno guida mm)   | 70,0       |  |
| C (diametro interno guida mm)   | 64,0       |  |
| lunghezza spezzone (m)          | 3,00       |  |
| spessore (mm)                   | 5,0        |  |
| manicotto (diametro esterno mm) | 76,0       |  |
| peso                            | 1,6 Kg / m |  |

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ANELLI

|                            |        |      |
|----------------------------|--------|------|
| materiale                  | ottone | PVC  |
| Diametro interno anello mm | 72,5   | 72,5 |
| Diametro esterno anello mm | 85     | 92   |
| altezza anello mm          | 35     | 50   |
| peso gr                    | 362    | 250  |

|   |  |
|---|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |
|   | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio<br/>24 di 36</p>               |

Si prevede l'installazione della strumentazione ogni 300 m circa, alle pk indicative riportate sul profilo geomeccanico, per un totale di 7 sezioni di misura.

La tubazione permette la lettura degli spostamenti lungo l'asse del tubo attraverso l'inserimento all'interno del tubo di una sonda e degli spostamenti secondo il piano perpendicolare all'asse attraverso l'inserimento di un inclinometro removibile. Si effettua una misura di riferimento e si è così in seguito in grado di misurare le deformazioni nel tempo del mezzo all'interno del quale è installato il tubo.

### 2.6.2 Frequenza delle letture, acquisizione e restituzione dati

La misura va effettuata a fine campo d'avanzamento. Dopo la maturazione delle iniezioni di consolidamento e/o delle cementazioni del consolidamento al fronte del nuovo campo di scavo si procede alla lettura di riferimento prima della ripresa dell'avanzamento.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- n. 1 lettura ogni giorno, oppure una lettura ogni 3 m di avanzamento (delle due opzioni va privilegiata quella con maggior frequenza), fino a quando restano in opera almeno 12 m di tubo. Successivamente si eseguirà, se necessario, un nuovo tubo e sarà abbandonato il vecchio. Durante le lavorazioni che comportano fermi del fronte (consolidamento, arco rovescio ecc.) sarà necessario eseguire una lettura appena terminato lo scavo e una appena prima di riprenderlo.

Il sistema di acquisizione dati è composto da:

- 1 sonda della lunghezza pari a 1.00 m, composta schematicamente da due teste sferiche, da un trasduttore di spostamento di tipo induttivo e da un tubo di protezione a tenuta idraulica.

Il posizionamento della sonda deve avvenire mediante l'uso di aste che permettano di far scorrere lo strumento da una base di misura alla successiva, di ruotarlo e di mandarlo in battuta contro due ancoraggi anulari successivi, che sono muniti di sede conica.

L'accoppiamento testa sferica – ancoraggio conico deve assicurare un posizionamento della sonda con tolleranza massima di 0.02 mm/m.

- 1 centralina di lettura collegata a un calcolatore portatile che permetta l'acquisizione automatica dei dati.

Si richiede la restituzione grafica e numerica degli spostamenti relativi delle coppie di ancoraggi in funzione della profondità e la sommatoria degli spostamenti differenziali rispetto alla base più profonda ipotizzata fissa.



|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>25 di 36 |

### 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

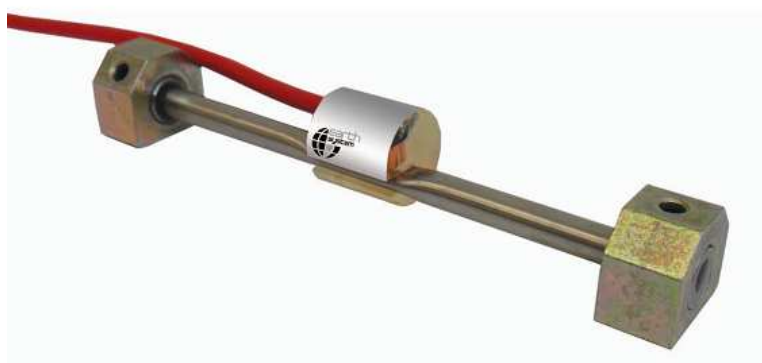
Si prevede l'utilizzo di barrette estensimetriche a corda vibrante per la determinazione della deformazione nei prerivestimenti. Si ingloba nel corpo strumentale un termistore per la misura della temperatura. Si prevede la presenza di un filo di acciaio tra due estremità sul supporto da monitorare del quale si misurano le deformazioni ottenuto 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

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  $\pm$ 0,1%
- ✓ Piatto cella: sensibilizzata  
con n. 16 strain gauges
- ✓ Ripetibilità:  $>$   $\pm$  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):  $\leq$   $\pm$  0,02% F.S.
- ✓ Effetto della temperatura  
sulla sensibilità: (5°C)  $\leq$   $\pm$  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<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>27 di 36 |

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>           |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1xHEB 160              | 0 – 200 ton             | B0Vi aP                  |
| 1xHEB 180              | 0 – 200 ton             | B2i aP, B2Vi aP          |
| 1xHEB 200              | 0 – 200 ton             | C2i_aP, B0V_all, B2V_all |
| 2xIPN 200              | 0 – 200 ton             | B2i aP                   |
| 2xIPN 180              | 0 – 200 ton             | B1i aP                   |
| 2xIPN 160              | 0 – 100 ton             | B2i, B0Li aP, B0L_all    |
| 2xIPN 140              | 0 – 100 ton             | Ai, B0i, B0Vi            |
| 1xHEB 240              | 0 – 200 ton             | C4_all                   |

Relativamente alla frequenza di installazione si rimanda al profilo geomeccanico. Si prevede l'installazione di almeno 1 stazione di misura nelle tratte dove è previsto l'impiego delle sole sezioni C2i\_aP.

### 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 priverivestimento 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.

## 3.2 Celle di carico sui bulloni di ancoraggio

Tali misure consistono nel rivestimento dei livelli di tensione all'interno dei bulloni radiali di ancoraggio al contorno previsti eventualmente nel caso di sezioni tipo B1i\_aP e B4i\_aP mediante l'installazione di celle di carico tra il priverivestimento e la piastra di ancoraggio. L'installazione di stazioni di misura è prevista in modo eventuale in funzione delle situazioni verificatesi in corso d'opera. Si ipotizza un numero variabile di 1-2 installazioni di celle di carico nelle tratte omogenee, dove è previsto l'impiego della sezione B1i\_aP e B4i\_aP.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>28 di 36 |

## 4. STRUMENTAZIONE FONDAMENTALE PER IL MONITORAGGIO DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

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

### 4.1 Barrette estensimetriche a corda vibrante entro il rivestimento definitivo

Si prevede l'utilizzo di estensimetri a corda vibrante per determinare le deformazioni del calcestruzzo o in alternativa delle barre di armatura. Queste barrette estensimetriche verranno posizionate all'estradosso e all'intradosso del rivestimento definitivo.

#### 4.1.1 Installazione della strumentazione e rilevamento dei dati

Si prevede l'installazione di 4 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo e si prevede inoltre l'aggiunta di barrette supplementari al fine di determinare la variazione della temperatura all'interno del rivestimento e gli effetti del ritiro. Le barrette estensimetriche a corda vibrante, in seguito rappresentate, sono contraddistinte dalle seguenti caratteristiche tecniche:

#### CARATTERISTICHE TECNICHE BARRETTA PER CLS

- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000  $\mu\epsilon$
- ✓ Sensibilità: 1,0  $\mu\epsilon$
- ✓ 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 3K $\Omega$
- ✓ Resistenza della bobina: 162  $\pm$ 5 $\Omega$
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:  
12,2 $\mu\epsilon$ /°C



|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>29 di 36</span>   |

E' previsto un filo d'acciaio tensionato tra due estremità fisse sul supporto da monitorare, le deformazioni del supporto modificheranno le tensioni presenti e tramite la misura della tensione si ottiene la deformazione alla quale è soggetto il supporto.

In alternativa alle barrette estensimetriche per cls, si prevede l'utilizzo di barrette estensimetriche a corda vibrante da saldare alle armature, in intradosso ed estradosso, del rivestimento definitivo. Per ciascuna sezione di monitoraggio si predisporranno 3 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante, caratterizzate dalle seguenti caratteristiche tecniche:



- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000  $\mu\epsilon$
- ✓ Sensibilità: 1,0  $\mu\epsilon$
- ✓ 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 3K $\Omega$
- ✓ Resistenza della bobina: 162 +/-5 $\Omega$
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:  
12,2 $\mu\epsilon/^\circ\text{C}$

**Figura 4-1: Caratteristiche tecniche e dettaglio delle barrette estensimetriche per acciaio**

#### 4.1.2 Acquisizione e restituzione dei dati

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento e dopo una prima lettura da eseguirsi prima della maturazione dello spritz-beton, per ogni barretta estensimetrica a corda vibrante 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.

La frequenza delle letture successive sarà tarata in corso d'opera. Il sistema di elaborazione dati richiede il diagramma e il tabulato numerico dei carichi e della tensione in funzione del tempo e in funzione della distanza del fronte di scavo.

Relativamente alla frequenza di installazione si rimanda al profilo geomeccanico. Si prevede l'installazione di almeno 1 stazione di misura nelle tratte dove è previsto l'impiego delle sole sezioni C2i aP.

Il numero totale di stazioni di monitoraggio impiegate per la WBS in esame è riportato nella Tabella 1, riportata al paragrafo §1.1.

|  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV<br/>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                            |
|  | <p>IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02</p>  | <p>Foglio<br/>30 di 36</p> |

## 4.2 Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale di 3 punti per ogni stazione di misura (in calotta e sui piedritti) posizionati sul rivestimento definitivo ed attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

### 4.2.1 Installazione

L'installazione di tale strumentazione è prevista in corrispondenza degli estensimetri multibase introdotti nel capitolo 2 (par. 2.3).

### 4.2.2 Rilevamento, acquisizione e restituzione dati

La lettura di zero viene eseguita all'atto del disarmo dei getti.

Successivamente l'intensità delle letture sarà la seguente:

- 1 misura alla settimana per il primo mese
- 1 misura al mese fino al termine dei lavori

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 caposaldi 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 dati deve offrire i diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo degli spostamenti verticali e trasversali, dell'andamento della deformata, della velocità di convergenza e delle fasi esecutive principali. I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. Si richiede una copia di tali dati anche su supporto magnetico.

|  |  |
|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>31 di 36</span>   |

## 5. MONITORAGGIO IN SUPERFICIE

È prevista la messa in opera di sistemi di monitoraggio di superficie tra la pk 1+500 circa e la pk 1+800 circa, per tenere in conto degli effetti degli scavi sulle interferenze presenti.

Al fine di raccogliere informazioni sulle deformazioni determinatesi nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie in sotterraneo occorre misurare lo spostamento di punti ubicati a piano campagna, in corrispondenza dei quali vengono disposte mire topografiche.

Si predispongono in particolare delle sezioni di misura costituite da 5 punti a terra di lettura topografica, disposti trasversalmente al tracciato della galleria, ad una distanza reciproca di 5.0-7.0 m circa, in funzione degli spazi disponibili in superficie. La fascia monitorata dalla stazione risulta pertanto di ampiezza compresa tra i 20 m e 30 m; in particolari situazioni possono essere previste 7 mire per controllare un più esteso bacino di subsidenza.

Si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio dei cedimenti superficiali mediante n°2 sezioni di controllo trasversale all'asse della galleria; per l'ubicazione degli strumenti si veda l'elaborato relativo alle interferenze di superficie.

I punti di misura dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con testa emisferica per la battuta topografica e si distinguono nel tipo CSA e CSB.

Per il tipo CSA la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro ad aderenza migliorata di idonea lunghezza ( $L \geq 120\text{cm}$ ). Successivamente verrà inserita all'interno di un foro nel terreno di pari lunghezza e cementata con malta in modo da renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa.

Per il tipo CSB la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura su apposita barra in ferro, che verrà immersa all'interno del getto di un pilastro realizzato in cls. di idonea lunghezza 80cm e diametro 10cm.

L'utilizzo del primo tipo CSA, con pozzetto carrabile è indicato per situazioni in cui risulta necessario garantire la protezione dello strumento e la circolazione di veicoli nelle sue immediate vicinanze.

Il secondo tipo CSB, invece si addice a situazioni in cui non è previsto il transito veicolare.

Per ogni punto di misura deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio, inoltre dovrà riportare le coordinate spaziali, correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia.

I dati vengono graficati nel diagramma "spostamenti verticali - tempo" che permette di valutare l'andamento delle deformazioni per la ricostruzione del bacino di subsidenza legato alle lavorazioni.

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                    |
|  | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>32 di 36 |

La frequenza del monitoraggio di superficie delle letture, comunque tarabile in corso d'opera, dovrà essere indicativamente la seguente:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante +/- 30 m dall'interferenza.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante +/-60 m dall'interferenza o sino alla stabilizzazione della misura
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione completa della misura (ovvero stabile per un significativo periodo di tempo) e comunque in assenza di lavorazioni.

Al termine del monitoraggio si otterrà un profilo dei movimenti e dei cedimenti differenziali della zona monitorata. Si prevede di avere almeno una lettura per ogni punto monitorato.

### 5.1 Monitoraggio degli edifici

Al fine di raccogliere informazioni su eventuali deformazioni o assestamenti di edifici prossimi ai lavori di scavo occorre controllare:

- lo spostamento di punti solidali agli edifici, sia di tipo "verticale" (in questo caso appare particolarmente significativo il cedimento differenziale tra punti dello stesso edificio), che "rotazionale" dovute ad eventuali inclinazioni delle facciate degli edifici a seguito di un cedimento fondazionale;
- l'evoluzione di lesioni preesistenti ai lavori di scavo o di eventuali nuove lesioni, soprattutto in termini di ampiezza di lesione;
- lo stato generale di consistenza e di degrado correlabile alle lavorazioni delle opere in costruzione.

Come riportato nell'elaborato relativo alla planimetria interferenze, si prevede l'installazione di mire su edifici in prossimità della pk 1+650 ca. e di clinometri di parete monoassiali o biassiali in prossimità della pk 1+550. Si predisporranno in particolare n°4 clinometri per spigolo, 2 per lato, nel caso di utilizzo di clinometri monoassiali, mentre si predisporranno n°2 clinometri per spigolo, 1 per lato, nel caso si faccia uso di clinometri biassiali.



|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |                    |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02  | Foglio<br>33 di 36 |

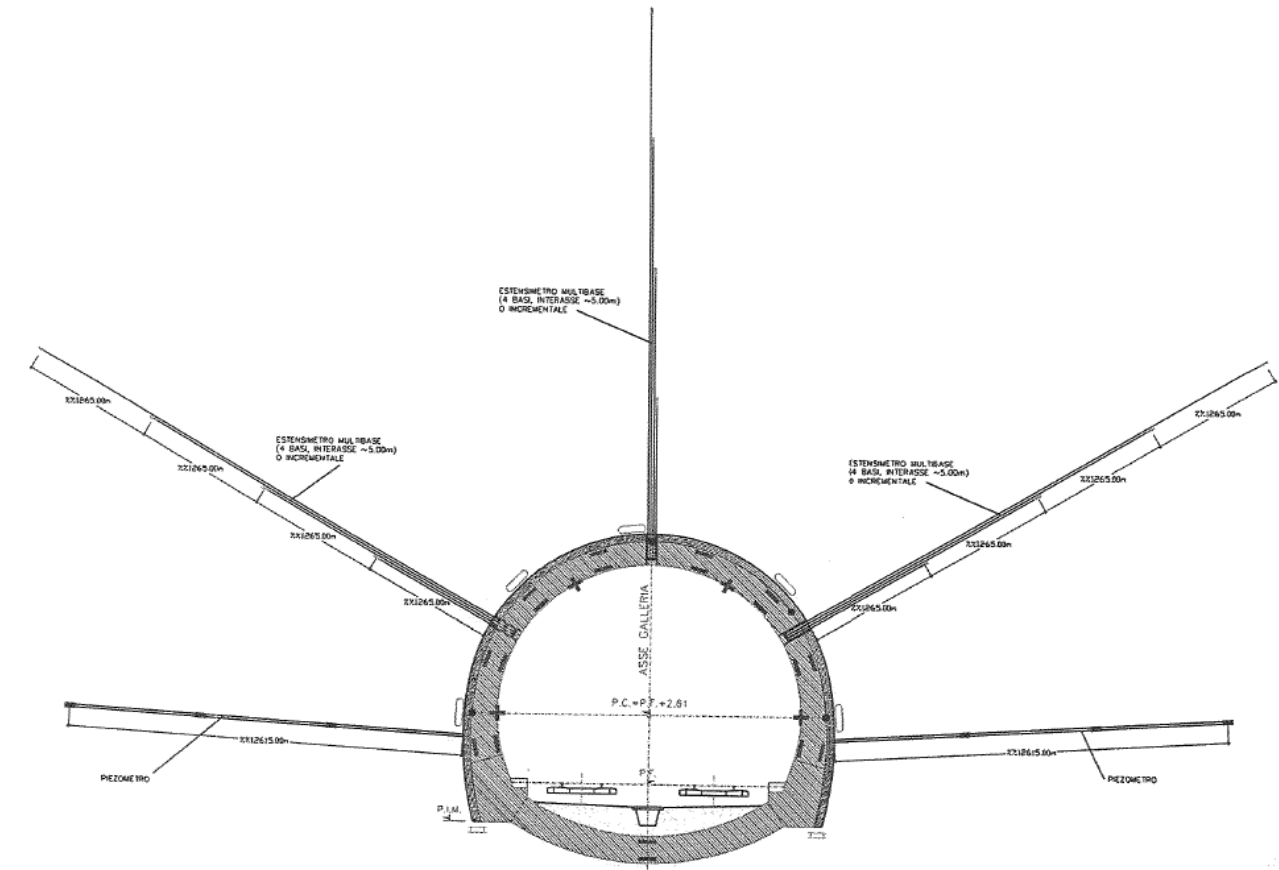
## 6. STAZIONI DI MISURA DEFINITIVA

Lungo lo sviluppo della galleria di interconnessione si predispone una stazione di misura definitiva di tipo  $\beta$  nei pressi della 1+004 circa, da realizzare all'immediato ridosso del fronte d'avanzamento. In questo modo è possibile analizzare lo stato tenso – deformativo dell'ammasso vicino e lontano dallo scavo appena eseguito, eventuali plasticizzazioni e l'evoluzione delle tensioni e delle deformazioni durante l'esercizio.

La stazione prevista si compone di (\*):

- 5 celle di pressione tra ammasso e prriverimento;
- 2 celle di carico sotto il piede delle centine o tra le giunzioni;
- 5 punti di misura delle convergenze sul rivestimento di prima fase e 4 punti sul rivestimento definitivo;
- 3 estensimetri multibase con almeno 4 basi di misura ciascuno;
- 2 coppie di piezometri, posti in direzione radiale;
- barrette estensimetriche, annegate nel getto del rivestimento definitivo;
- 1 misuratore di portata.

(\*) Gli strumenti associati alla stazione definitiva UAD, salvo dove diversamente indicato, sono da intendersi come strumenti già previsti per il monitoraggio in corso d'opera che dovranno essere collegati ad apposita centralina allocata nella nicchia UAD.



**Figura 6-1 : Schema stazione di misura definitiva tipo  $\beta$**

|   |  |
|---|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |
|   | IG51-04-E-CV-RO-GN22-DX-001-A02 <span style="float: right;">Foglio<br/>35 di 36</span>                 |

## 7. 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-GN22-DX-001-A02</p>   | <p>Foglio<br/>36 di 36</p> |

## 8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato descritto il programma di monitoraggio previsto per la galleria di interconnessione GN22D.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in tre fasi finalizzate al monitoraggio del fronte di scavo, dei pririvestimenti e dei rivestimenti definitivi. 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.