

# LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCOSE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO  
CUP C11J05000030001

GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

TUNNEL D'INTERCONNEXION SUSA-BUSSOLENO – TUNNEL DI INTERCONNESSIONE SUSA-BUSSOLENO  
PORTAILS EST TDI – IMBOCCHI EST TDI  
GENERALITES – ELABORATI GENERALI

RAPPORT SUR L' AUSCULTATION – RELAZIONE SUI MONITORAGGI

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	tabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	31/01/2013	Première diffusion / Prima emissione	C. RINALDI (LOM)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	08/02/2013	Passage au statut AP / Passaggio allo stato AP	C. RINALDI (LOM)	M. RUSSO C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

 **Tecnimont**  
Civil Construction  
Dot. Ing. Aldo Mancarella  
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271/R

*Aldo Mancarella*



CODE DOC	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>2</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>A</b>
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

<b>A</b>	<b>N</b>	<b>0</b>	<b>102</b>
Statut / Stato		Type / Tipo	

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3A</b>	<b>//</b>	<b>//</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>00</b>	<b>10</b>	<b>03</b>
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-

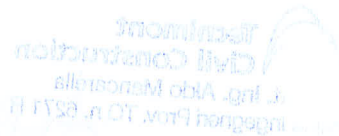
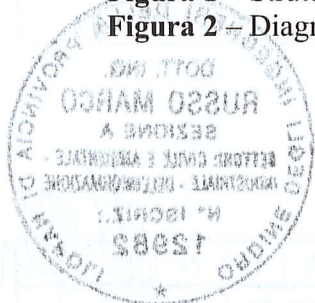


## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	3
1. INTRODUZIONE .....	4
1.1 Inquadramento generale.....	4
1.2 Finalità del lavoro .....	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3. MONITORAGGIO DURANTE GLI SCAVI.....	6
3.1 Misure inclinometriche dalla superficie .....	6
3.2 Monitoraggio topografico dello scavo.....	6
3.3 Misure di convergenza galleria Tanze.....	6
4. MONITORAGGIO IN CONFIGURAZIONE FINALE.....	7
5. SCHEMA GENERALE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	7
5.1 Struttura operativa di sorveglianza .....	7
6. FREQUENZE DI LETTURA .....	10
6.1 Lettura misure inclinometriche.....	10
6.2 Monitoraggio topografico.....	10
6.3 Misure di convergenza.....	10
7. DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ATTENZIONE ED ALLARME.....	11
8. CONCLUSIONI.....	12

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Struttura operativa di sorveglianza. Composizione e funzionalità .....	8
<b>Figura 2</b> – Diagramma di flusso dei processi riguardanti la sorveglianza .....	9





## RESUME/RIASSUNTO

Dans cette note on indique les auscultations prévues pendant les phases d'excavation de déblaiement du portail côté Bussoleno du Tunnel d'Interconnexion et ce qui est prévu en configuration finale.

Pendant la phase de construction on installera des inclinomètres et des mires optiques afin de permettre les mesures topographiques le long des parois de déblaiement.

Dans la configuration finale, suite au recouvrement des tunnels artificiels, l'activité d'auscultation prévue sera constituée par deux inclinomètres situés au-dessus de la zone de portail. Des mesures de convergence sera faite dans la première part du tunnel Tanze de la ligne ferroviaire historique.

In questa nota si indicano i monitoraggi previsti durante le fasi di scavo di sbancamento dell'imbocco lato Bussoleno del Tunnel di Interconnessione e quanto previsto in configurazione finale.

Durante la fase di cantiere saranno installati degli inclinometri, o e delle mire ottiche per permettere le misure topografiche lungo le pareti di sbancamento.

In configurazione finale, in seguito al ricoprimento delle gallerie artificiali, l'attività di monitoraggio prevista sarà costituita da due inclinometri posti sopra la zona di imbocco. Sono previste misure di convergenza nel primo tratto della galleria Tanze della linea storica.

## **1. Introduzione**

### **1.1 Inquadramento generale**

La presente relazione s'inserisce nell'ambito della progettazione e dei lavori di costruzione dell'imbocco del tunnel di Interconnessione della Nuova Linea Ferroviaria Torino - Lione.

Il monitoraggio descritto in questa relazione si riferisce all'area in corrispondenza degli imbocchi dei due cunicoli: è situata nel comune di Bussoleno in una zona compresa tra i binari della linea ferroviaria storica Torino – Modane in prossimità dell'imbocco della galleria Tanze.

Si riporta qui di seguito una breve descrizione dell'area d'imbocco interessata dal progetto di monitoraggio.

Nell'area sopra indicata saranno realizzate due gallerie artificiali che richiedono scavi di sbancamento nell'attuale versante. Al termine dei lavori, per risistemare il versante interessato dagli scavi, i due scotolari d'imbocco verranno ritombati.

In questo documento vengono indicati i tipi di monitoraggio e le modalità operative di massima da prevedere sia durante la fase di cantiere che a lavori ultimati in fase di esercizio.

Non sono qui trattati gli aspetti legati al monitoraggio della galleria naturale durante le fasi di avanzamento dello scavo e neppure in fase di esercizio.

### **1.2 Finalità del lavoro**

La realizzazione degli scavi di sbancamento e la loro presenza per tutta la durata delle lavorazioni richiedono un attento monitoraggio per controllare continuamente la stabilità dello scavo. Un accurato monitoraggio permette di prevedere l'instaurarsi di eventuali fenomeni di instabilità in modo da assicurare la tempestiva messa in opera delle contromisure che si dovessero rendere necessarie.

Il versante sarà tenuto sotto controllo anche nella configurazione finale a seguito del ritombamento delle gallerie artificiali.

## 2. Documenti di riferimento

- PD2\_C3A\_TS3\_5710: Relazione generale illustrativa
- PD2\_C3A\_TS3\_5711: Relazione geotecnica sismica
- PD2\_C3A\_TS3\_5730: Relazione di calcolo e di stabilità delle strutture
- PD2\_C3A\_TS3\_5760: Relazione di calcolo opere provvisionali
- PD2\_C3A\_TS3\_5767: Planimetria in fase di cantiere
- PD2\_C3A\_TS3\_5765: Prospetti degli scavi



### 3. Monitoraggio durante gli scavi

Gli scavi di sbancamento avvengono per lo più in materiale roccioso del tipo calcemicascisti, è presente una coltre eluvio colluviale limitata di spessore medio inferiore ai 3 metri. Gli scavi presentano un'altezza massima di sbancamento di circa 18 m e per la stabilizzazione delle pareti sono previste delle chiodature in roccia e soilnailing

Durante la fase di costruzione dell'opera il monitoraggio sarà volto a valutare la stabilità di:

- pareti di sbancamento
- area di versante sopra il piazzale d'imbocco
- primo tratto della galleria Tanze della linea storica.

Il piano di monitoraggio prevede l'introduzione di:

- misure inclinometriche verticali dalla superficie del versante;
- monitoraggio topografico delle pareti di scavo;
- misure di convergenza galleria Tanze.

#### 3.1 Misure inclinometriche dalla superficie

Saranno installati N°2 stazioni inclinometriche nel tratto di versante posto a monte dell'area di sbancamento d'imbocco : una stazione posta tra le due canne delle gallerie di interconnessione e una in prossimità della galleria Tanze. Per la posizione indicativa fare riferimento alla planimetria di cantiere PD2\_C3A\_TS3\_5767: Planimetria in fase di cantiere.

Le misure degli inclinometri verticali consistono nel rilevamento, nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti trasversali lungo appositi tubi in materiale plastico o metallico, munito di 4 scanalature interne poste a 90° (2 coppie di scanalature contrapposte a formare 2 assi ortogonali) inghisati all'interno di una "colonna" inclinometrica verticale. Il fondo dell'inclinometro dovrà trovarsi ad almeno 1 m sotto la quota teorica di fondo scavo dell'estradosso inferiore delle future gallerie artificiali.

#### 3.2 Monitoraggio topografico dello scavo

La stabilità delle pareti di scavo dovrà essere controllato mediante uno strumento topografico di precisione. Sulle pareti di sbancamento, sia al di sopra sia sotto le berme, dovranno essere installate delle mire ottiche per il rilevamento: si installeranno chiodi di lunghezza indicativa 20 cm su cui verranno montati dei marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri. Le misure consisteranno nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti delle pareti sbancate.

#### 3.3 Misure di convergenza galleria Tanze

L'imbocco della galleria Tanze si trova nelle vicinanze della zona interessata dagli scavi di sbancamento e la strada posta sopra l'imbocco, seppur rinforzata nel tratto di attraversamento della Tanze (si veda PD2\_C3A\_TS3\_5777: Opere di rinforzo per attraversamento galleria Tanze), nelle prime fasi di cantiere verrà utilizzata per poter accedere al piano di lavoro. Per questi motivi si ritiene opportuno eseguire misure di convergenza del rivestimento interno della galleria per un tratto di lunghezza 100 m circa a partire dall'imbocco, in particolare nel tratto interessato dall'attraversamento della viabilità di superficie. Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 5 punti per ogni stazione di misura, attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

Il numero e la posizione delle stazioni di convergenza sarà definito in funzione degli spazi disponibili per via degli impianti di galleria, eventualmente sarà possibile utilizzare riferimenti per le misure già presenti.

#### **4. Monitoraggio in configurazione finale**

In configurazione finale le due gallerie artificiali ed il locale tecnico di nuova realizzazione tra le due canne verranno ritombati: la sistemazione del versante verrà fatta con riporto di terreno con una pendenza massima tra orizzontale e verticale di 3 su 2.

Il monitoraggio del versante sopra l'imbocco durante l'esercizio sarà garantito da due stazioni inclinometriche; valgono le considerazioni indicate al punto 3.1 sul monitoraggio in fase di cantiere.

Per la posizione indicativa dei punti di posizionamento degli inclinometri fare riferimento ai documento PD2\_C3A\_TS3\_5713: Planimetria sistemazione finale.

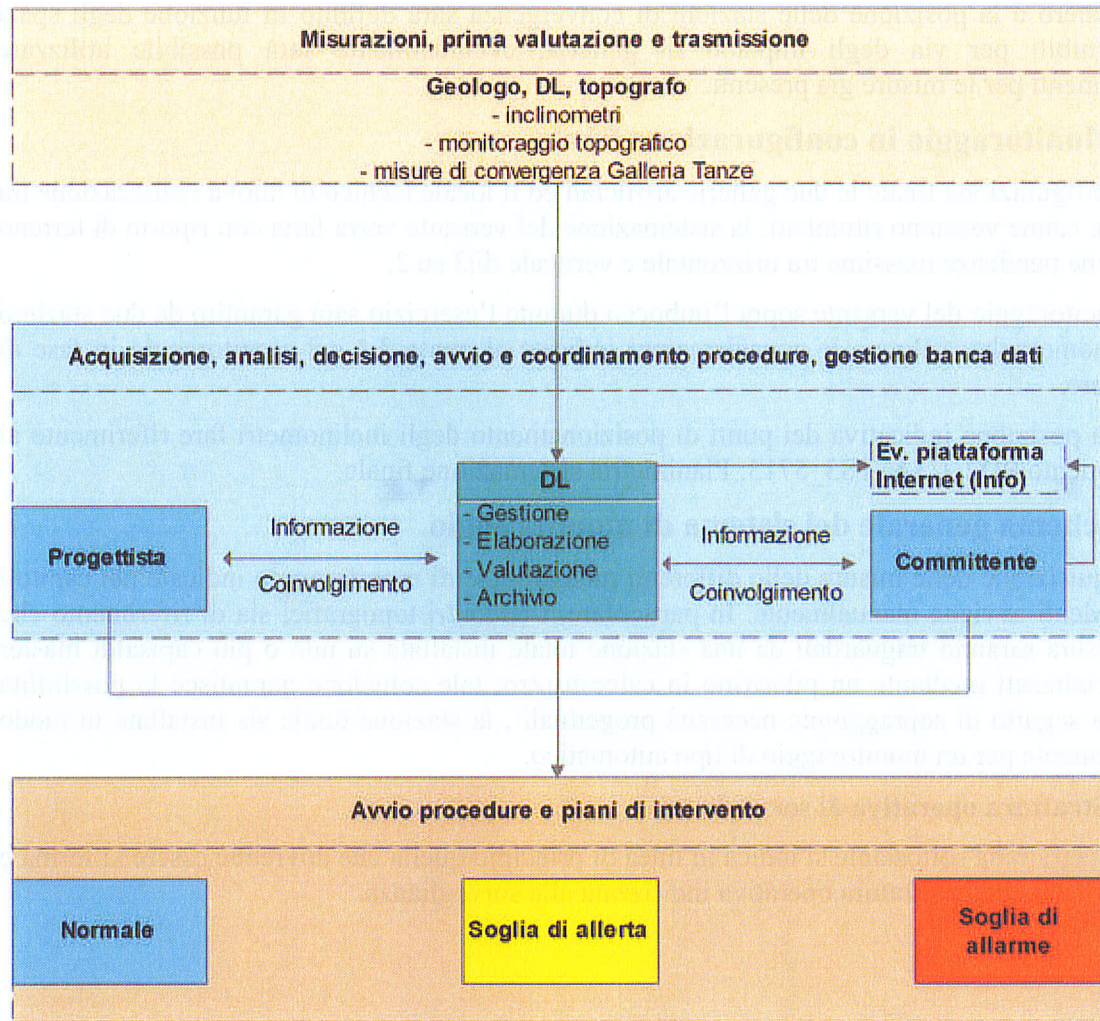
#### **5. Schema generale del sistema di monitoraggio**

L'acquisizione delle misure delle differenti metodologie di monitoraggio indicate nei capitoli precedenti avviene manualmente. In particolare, i riscontri topografici sia di riferimento che di misura saranno tralasciati da una stazione totale installata su uno o più capisaldi master materializzati mediante un pilastrino in calcestruzzo; tale soluzione garantisce la possibilità che, a seguito di sopraggiunte necessità progettuali, la stazione totale sia installata in modo permanente per un monitoraggio di tipo automatico.

##### **5.1 Struttura operativa di sorveglianza**

Nel diagramma sottostante si indica in linea di principio quella che dovrebbe essere la forma e funzionalità della struttura operativa indirizzata alla sorveglianza.





*Figura 1 – Struttura operativa di sorveglianza. Composizione e funzionalità*

Come visibile dallo schema, la raccolta, la valutazione e la gestione dei dati è di competenza della DL. A questo scopo sarà allestita una piattaforma informatica comune in cui saranno raccolti i dati automaticamente (per es. monitoraggio in galleria) o sulla quale questi potranno essere caricati direttamente da ognuno degli incaricati alla sorveglianza.

I responsabili delle misurazioni provvederanno ad una prima valutazione critica dei valori ottenuti e procedono alla trasmissione dei dati alla banca dati comune oppure, in caso di anomalie, decidono se allarmare direttamente la Direzione dei Lavori.

Sarà quindi compito della Direzione dei Lavori intraprendere la procedura adeguata, in base alla valutazione dei dati raccolti dalla sorveglianza.

I processi legati alla sorveglianza seguiranno il flusso illustrato nella **Figura 2** alla pagina seguente:



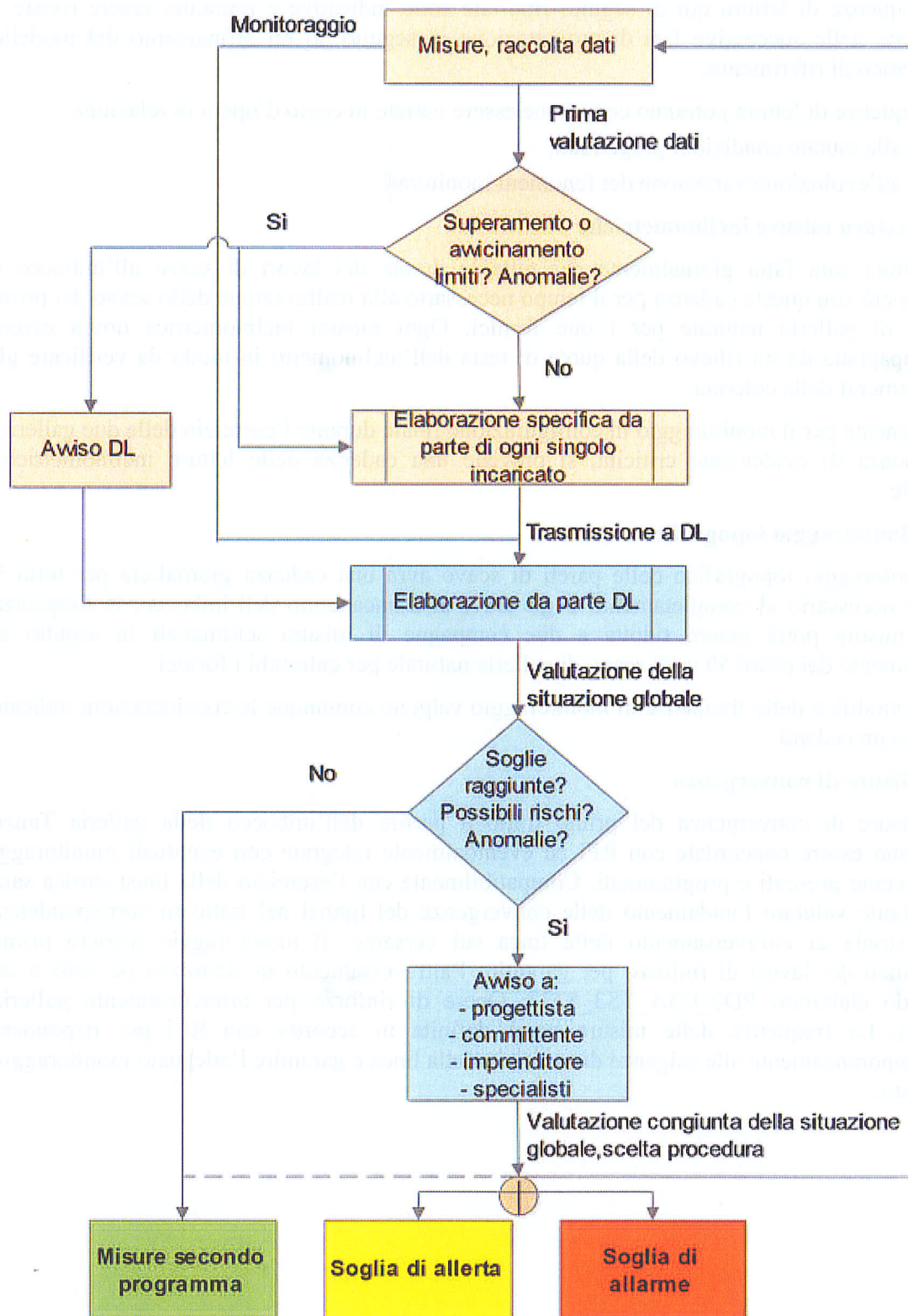


Figura 2 – Diagramma di flusso dei processi riguardanti la sorveglianza

## 6. Frequenze di lettura

Le frequenze di lettura qui di seguito riportate sono indicative e potranno essere riviste e cambiate nelle successive fasi di progettazione in seguito ad un affinamento del modello geotecnico di riferimento.

Le frequenze di lettura potranno comunque essere variate in corso d'opera in relazione:

- alle mutate condizioni progettuali;
- all'evoluzione/variazione dei fenomeni monitorati.

### 6.1 Lettura misure inclinometriche

La lettura sarà fatta giornalmente per tutta la durata dei lavori di scavo all'imbocco e continuerà con questa cadenza per il tempo necessario alla realizzazione dello scavo dei primi 50 m di galleria naturale per i due fornic. Ogni misura inclinometrica dovrà essere accompagnata da un rilievo della quota di testa dell'inclinometro in modo da verificare gli assestamenti della colonna.

Attualmente per il monitoraggio in configurazione finale durante l'esercizio delle due gallerie, in assenza di evidenziate criticità, si prevede una cadenza delle letture inclinometriche mensile.

### 6.2 Monitoraggio topografico

Il monitoraggio topografico delle pareti di scavo avrà una cadenza giornaliera per tutto il tempo necessario al completamento degli scavi di sbancamento dell'imbocco, la frequenza delle misure potrà essere ridotta a due campagne di misura settimanali in seguito al superamento dei primi 50 m di scavo di galleria naturale per entrambi i fornic.

Per la modifica delle frequenze di monitoraggio valgono comunque le considerazioni indicate ai punti precedenti.

### 6.3 Misure di convergenza

Le misure di convergenza del primo tratto a partire dall'imbocco della galleria Tanze dovranno essere concordate con RFI ed eventualmente integrate con eventuali monitoraggi attualmente presenti e programmati. Compatibilmente con l'esercizio della linea storica sarà importante valutare l'andamento delle convergenze del tunnel nel tratto in corrispondenza della strada di attraversamento della linea sul versante. Il monitoraggio inizierà prima dell'inizio dei lavori di rinforzo per garantire l'attraversamento in sicurezza (si veda a tal riguardo elaborato PD2\_C3A\_TS3\_5777: Opere di rinforzo per attraversamento galleria Tanze). La frequenza delle misure verrà definita in accordo con RFI per rispondere contemporaneamente alle esigenze di esercizio della linea e garantire l'adeguato monitoraggio richiesto.



## 7. Definizione dei limiti di attenzione ed allarme

La possibilità di controllare la situazione reale si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una particolare situazione deformativa e/o tensionale. Il raggiungimento e il superamento di queste soglie determina la messa in opera di una serie di contromisure ed azioni necessarie per riportare la situazione entro i limiti prestabiliti: in alcuni casi sarà necessario rivedere il modello geotecnico adottato andando a definire nuove soglie, in altri sarà necessario intervenire integrando gli interventi di stabilizzazione previsti mediante opportune integrazioni. Lo schema operativo di intervento in seguito al raggiungimento dei limiti prefissati è riportato nella precedente **Figura 2**.

I limiti sono definiti, per ogni grandezza misurata, come:

- limite di attenzione: Il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e misurarla velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare la tendenza ad instaurarsi di fenomeni ad evoluzione rapida che potrebbero, in particolari situazioni, divenire potenzialmente incontrollabili.
- limite di allarme: il suo superamento implica l'adozione di contromisure al fine di riportare la situazione entro i limiti previsti in progetto.

Il dimensionamento delle opere provvisorie è stato fatto sulla base dei dati geologici a disposizione, nell'attuale fase di progettazione non sono disponibili dati (provenienti da prove di laboratorio o in sito) che garantiscano la definizione di un modello geologico sforzi deformazioni attendibile, da cui ricavare le soglie di attenzione ed allerta.

Sono tuttavia presenti in bibliografia delle relazioni per definire indicativamente il massimo spostamento orizzontale delle pareti di scavo in funzione dell'altezza di sbancamento e del tipo di materiale sbancato.

Nella Circolare n°7 del Geotechnical Engineering del FHWA si ammette uno spostamento orizzontale massimo in terreni rocciosi pari a 1/1000 dell'altezza di scavo, per terreni sciolti il limite aumenta a 1/500 dell'altezza di scavo.

Cautelativamente i valori di soglia sono assunti pari a:

- Soglia di attenzione 1/2000H parete di scavo (50% dello spostamento massimo ammesso dalla circolare)
- Soglia di allarme 1/1000H parete di scavo (valore indicato nella circolare)

Tali limiti potranno essere variati in seguito a studi eseguiti nelle successive fasi di progettazione.

Nonostante la definizione di valori di soglia, durante il monitoraggio dovrà comunque essere effettuata un'analisi dei dati al fine di valutare ed identificare, preventivamente al raggiungimento dei suddetti valori, l'instaurarsi di un fenomeno evolutivo dei parametri monitorati.

I valori delle misure di convergenza nella galleria Tanze non dovranno evidenziare fenomeni evolutivi rispetto a quando riportato negli storici delle precedenti campagne di monitoraggio. In assenza di uno storico di misure, nella zona dell'imbocco, si dovrà prevedere un premonitoraggio per definire soglie di attenzione ed allerta da rispettare durante la successiva fase di cantiere.

## 8. Conclusioni

Il sistema di monitoraggio descritto nella presente relazione è stato definito sulla base degli interventi previsti nella zona di imbocco e sulle informazioni geologiche e geotecniche in possesso sul sito.

Il monitoraggio si propone di prevenire con sufficiente anticipo le possibili situazioni sfavorevoli, affinché sia possibile attuare l'intervento correttivo ed evitare conseguenze gravi sulla stabilità e sicurezza dello sbancamento.

Le letture dei valori delle grandezze controllate dovranno consentire, durante la fase di realizzazione delle opere in progetto, di verificare le ipotesi progettuali e di provvedere all'esecuzione di eventuali contromisure.

Lo schema proposto, come la frequenza delle misure, potrà essere soggetto a variazioni e modifiche durante la realizzazione dell'opera in funzione dei risultati delle prime misure. Il sistema definito potrà essere implementato ed integrato a posteriori qualora eventuali anomalie di comportamento tenso - deformativo lo rendessero necessario.

Il posizionamento degli strumenti e dei punti di monitoraggio potrà essere ottimizzato nelle successive fasi di progettazione e durante la fase di esecuzione; il sistema di monitoraggio dell'imbocco potrà essere integrato con quello relativo al monitoraggio in galleria.