

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA

GN02 - GALLERIA NATURALE MELITO DA KM 5+064 A KM 9+573

IMBOCCO LATO NAPOLI

MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Relazione di monitoraggio

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. G. Cassani

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	RH	GA0400	002	B	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	M. Mason	21/02/2020	B. Spigarelli	21/02/2020	M. Gatti	21/02/2020	Ing. G. Cassani
B	Revisione per istruttoria	M. Mason	10/06/2020	B. Spigarelli	10/06/2020	M. Gatti	10/06/2020	
								10/06/2020

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GA0400 002	REV. B	FOGLIO 2 di 16

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
2.1	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO.....	4
<b>3</b>	<b>MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO.....</b>	<b>8</b>
4.1	MIRE OTTICHE .....	8
4.1.1	RESTITUZIONE DEI DATI .....	8
4.2	CELLE DI CARICO .....	8
4.2.1	RESTITUZIONE DEI DATI .....	9
4.3	INCLINOMETRO .....	9
4.3.1	RESTITUZIONE DATI.....	9
4.4	CAPISALDI DI LIVELLAZIONE.....	10
4.4.1	RESTITUZIONE DEI DATI .....	10
4.5	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO .....	10
4.5.1	RESTITUZIONE DEI DATI .....	10
4.6	BARRETTE ESTENSIMETRICHE .....	11
4.6.1	RESTITUZIONE DEI DATI .....	11
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA.....</b>	<b>12</b>
5.1	VALORI DI SOGLIA.....	12
5.1.1	MONITORAGGIO DELLA PARATIA .....	12
5.1.2	MONITORAGGIO TIRANTI .....	13
5.1.3	MONITORAGGIO LIVELLAZIONI A PIANO CAMPAGNA ED INCLINOMETRICO .....	14
<b>6</b>	<b>FREQUENZA DI LETTURA.....</b>	<b>15</b>
6.1	MONITORAGGIO DELLE PARATIE .....	15
6.2	MONITORAGGIO SUBSIDENZE AL PIANO CAMPAGNA.....	15
6.3	MONITORAGGIO DEGLI INCLINOMETRI.....	15
<b>7</b>	<b>MISURE DI INTERVENTO.....</b>	<b>16</b>

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GA0400 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 16</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RH	GA0400 002	B	3 di 16
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RH	GA0400 002	B	3 di 16													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>																		

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la definizione del piano di monitoraggio per le opere dell'imbocco lato Napoli della galleria Melito.

L'opera in oggetto è parte integrante del progetto della galleria Melito, inclusa nel raddoppio ferroviario della tratta compresa tra Apice ed Orsara, sulla linea Caserta – Foggia, itinerario Napoli – Bari.

La galleria Melito risulta ubicata fra le progressive km 5+063.50 (inizio imbocco lato Bari) e km 9+573.00 (imbocco lato Napoli) per una lunghezza totale di 4509.50 m, con una lunghezza coperta pari a 4479.50. Il tratto in naturale è compreso fra le progressive km 5+096.50 e km 9+510.00 ed è caratterizzato da una lunghezza di 4413.50 m.

Il presente piano di monitoraggio è stato definito in funzione dei valori attesi in termini tenso-deformativi delle strutture di imbocco, quali opere provvisorie in fase costruttiva. Per il piano di monitoraggio per le opere definitive si rimanda alla relazione di monitoraggio in esercizio (IF2801EZZRHGA0400003A)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>4 di 16</b>

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

<b>IF28.0.1.E.ZZ.RB.GA.04.0.0.001</b>	<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.LA.GA.04.0.0.001</b>	<b>Planimetria generale - Fase 1</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.FA.GA.04.0.0.001</b>	<b>Profilo longitudinale - Fase 1</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.WA.GA.04.0.0.001</b>	<b>Sezioni trasversali - Fase 1</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.LA.GA.04.0.0.002</b>	<b>Planimetria generale - Fase 2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.FA.GA.04.0.0.002</b>	<b>Profilo longitudinale - Fase 2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.WA.GA.04.0.0.002</b>	<b>Sezioni trasversali - Fase 2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.PZ.GA.04.0.0.001</b>	<b>Sviluppata e planimetria di tracciamento diaframmi</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.DZ.GA.04.0.0.001</b>	<b>Cordoli guida - planimetria e particolari costruttivi</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.DZ.GA.04.0.0.002</b>	<b>Sezioni tipo e particolari - Tav 1/2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.DZ.GA.04.0.0.003</b>	<b>Sezioni tipo e particolari - Tav 2/2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.PZ.GA.04.0.0.002</b>	<b>Sviluppata e planimetria di tracciamento paratie a sostegno deviazione stradale</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.DZ.GA.04.0.0.004</b>	<b>Installazione strumentazione - Tav 1/2</b>
<b>IF28.0.1.E.ZZ.DZ.GA.04.0.0.005</b>	<b>Installazione strumentazione - Tav 2/2</b>

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>5 di 16</b>

### 3 MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO

In corrispondenza delle opere di imbocco si prevede la predisposizione di un piano di monitoraggio finalizzato al controllo dei fenomeni deformativi indotti dagli scavi per la realizzazione delle opere.

La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni delle opere provvisorie; al fine di verificare la rispondenza con le previsioni di progetto e validare le assunzioni geotecniche in termini di caratterizzazione geotecnica e spinte sulle opere;
- tassi di lavoro dei tiranti di ancoraggio; al fine di verificare l' idoneità degli interventi di contrasto secondo le previsioni di progetto e di verificarne la funzionalità ed efficacia;
- deformazioni del versante; per verificare che gli scavi per la realizzazione delle nuove opere non inneschino fenomeni gravitativi nei versanti retrostanti;
- deformazioni superficiali del terreno, mediante riferimenti topografici; finalizzato a misurare i fenomeni di cedimenti sui versanti a tergo degli imbocchi;
- controllo dello stato tensionale delle protesi;
- controllo del livello di falda e sua evoluzione.

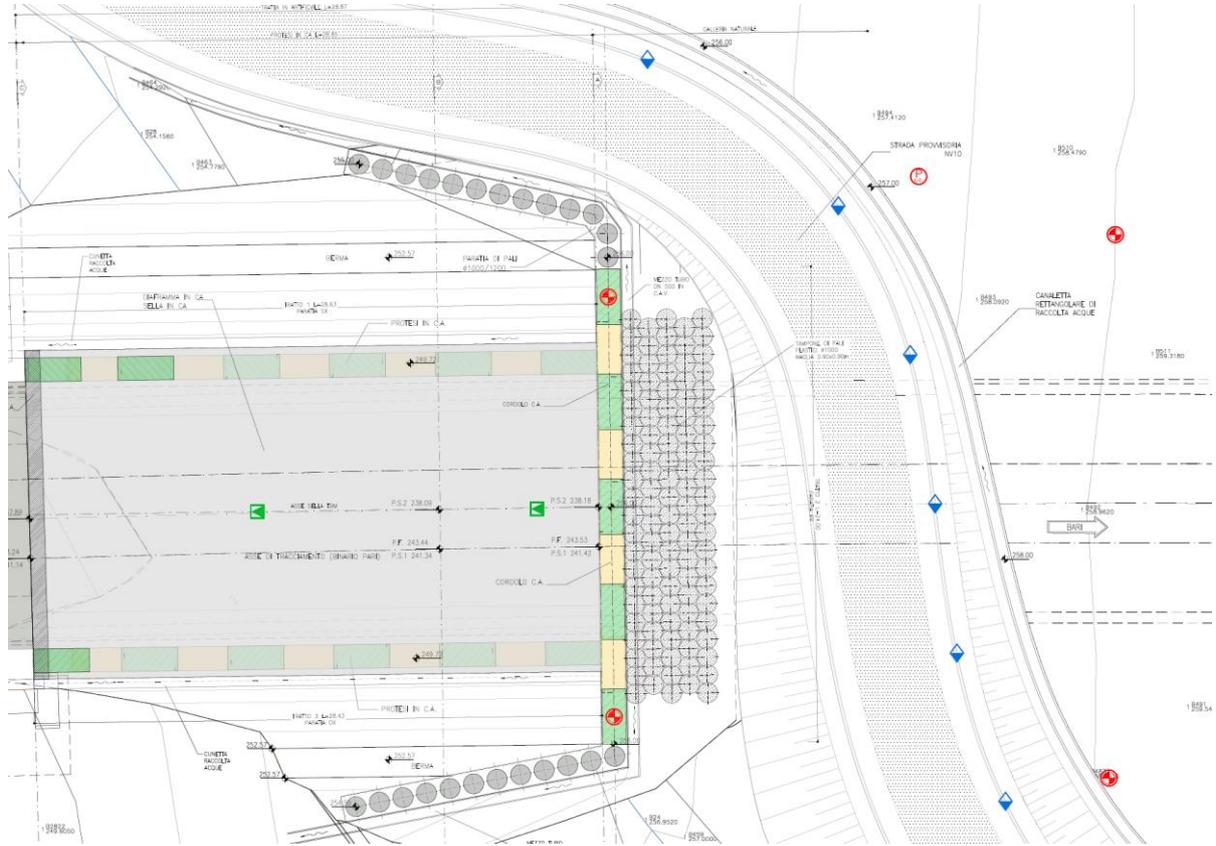
A tal fine è stata prevista la messa in opera di:

- 4 inclinometri di cui 2 in corrispondenza della paratia e due nei pressi della deviazione della strada;
- 51 targets topografici provvisorie per la rilevazione degli spostamenti, di cui 12 sui cordoli, 25 sulle pareti, 14 in corrispondenza di tiranti.
- 14 celle di carico toroidali per la rilevazione del tasso di lavoro delle teste dei tiranti e per la loro evoluzione nel tempo, che coprono le sezioni di monitoraggio;
- 2 piezometri con cella tipo Casagrande;
- 28 capisaldi a piano campagna su 4 sezioni per la rilevazione dei cedimenti.
- 2 coppie di barrette estensimetriche

L'installazione degli inclinometri e dei capisaldi, così come la lettura dei rispettivi dati dovrebbe preferibilmente precedere di almeno qualche mese l'attivazione dei lavori (monitoraggio ante-operam); quelle relative agli altri strumenti procederanno contestualmente alla progressione dei lavori degli imbocchi.

La disposizione geometrica della strumentazione è solamente indicata per via sintetica nelle figure di seguito riportate. La posizione finale della strumentazione verrà definita compiutamente in fase di progetto esecutivo di dettaglio, così come richiamato dalle note degli elaborati grafici.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 16</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>						



**Figura 3-1 – Posizionamento capisaldi (in blu), inclinometri e piezometri (in rosso), barrette estensimetriche (in verde)**

APPALTATORE:  
Consorzio Soci  
HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.

PROGETTAZIONE:  
Mandatara Mandanti  
ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.

**ITINERARIO NAPOLI – BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF28	01	E ZZ RH	GA0400 002	B	7 di 16

PROGETTO ESECUTIVO  
Relazione di monitoraggio

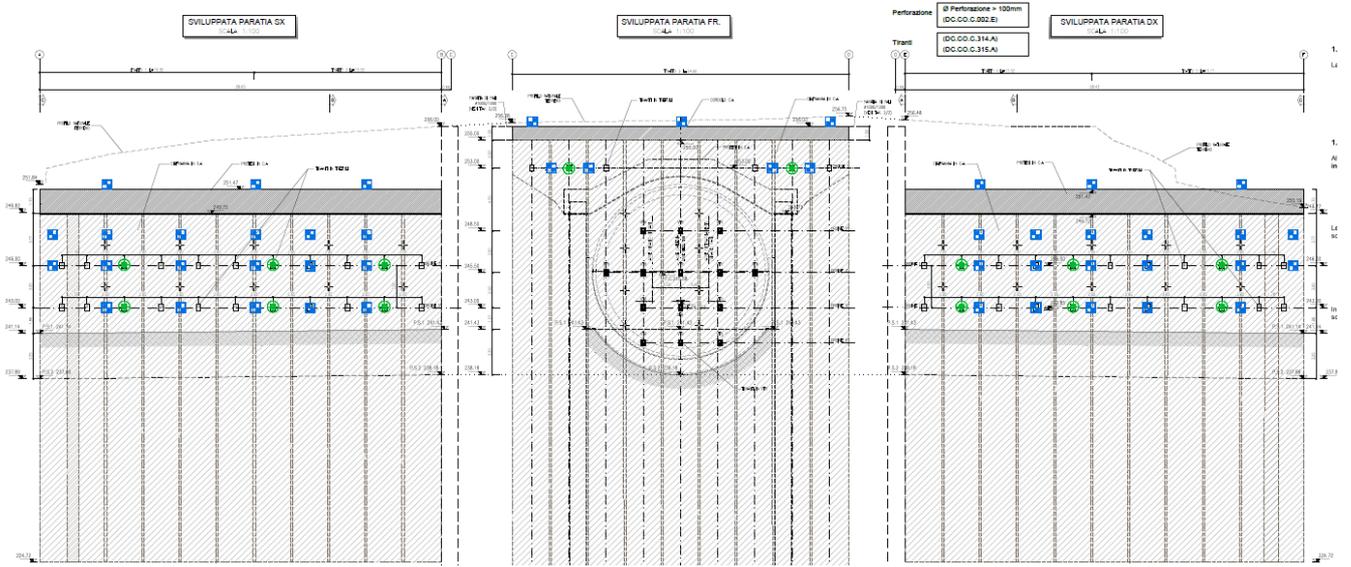


Figura 3-2. Monitoraggio paratia: posizionamento delle mire ottiche (blu) e delle celle di carico toroidali (verdi)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GA0400 002	REV. B	FOGLIO 8 di 16

## 4 STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Si descrivono di seguito le caratteristiche salienti della strumentazione sopra descritta.

Ulteriori dettagli sono riportati sui capitolati di appalto.

### 4.1 MIRE OTTICHE

Le opere di sostegno dovranno essere strumentate attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento topografici, al fine di confrontare deformazioni di sito e spostamenti attesi.

I riferimenti topografici saranno scelti in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

L'installazione dei riferimenti di misura topografica dovrà essere realizzata secondo le consuete procedure in funzione della tipologia scelta, previo tracciamento topografico delle posizioni di installazione.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). I capisaldi di riferimento dovranno essere in posizione stabile, scelta in modo tale che i capisaldi non risentano delle operazioni di scavo. Eventuali spostamenti dei capisaldi dovranno essere minimi e comunque controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

I capisaldi di riferimento dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia e controllati periodicamente in modo da accertare la loro condizione di stabilità.

#### 4.1.1 Restituzione dei dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. La precisione risponderà ai requisiti prestazionali richiesti dal "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili" e saranno comunque dettagliate in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

### 4.2 CELLE DI CARICO

Le celle di carico devono essere disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni. Le celle devono essere dotate di target ottici per la misura degli spostamenti che eventualmente potranno subire.

Nel caso in esame dovranno essere disposte celle di carico di tipo toroidale, alloggiare tra la piastra di ripartizione e la testa di ancoraggio del tirante

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- Un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale di misura 4-20 mA;
- Una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- Un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

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

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>9 di 16</b>

#### 4.2.1 Restituzione dei dati

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

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

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

#### 4.3 INCLINOMETRO

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale.

Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione. I tubi inclinometrici dovranno essere di alluminio o in ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Caratteristiche tecniche tubi:

- materiale PVC
- diametro esterno min. 60mm
- max torsione ammissibile % della lunghezza spezzone

Caratteristiche tecniche sonda inclinometrica:

- tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale
- campi di misura +-30°
- precisione sensore ±0.1 mm / 500 mm
- sensibilità ±0.05 mm per 500mm
- precisione ±0.1% f.s.

In ultimo, lo strumento dovrà presentare assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubi rispetto all'asse del tubo, con la tolleranza di 1°.

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

##### 4.3.1 Restituzione dati

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- Grafico differenziale locale dello spostamento nel piano orizzontale;
- Grafico differenziale locale della direzione di spostamento (AZIMUT);
- Grafico differenziale integrale dello spostamento nel piano orizzontale;
- Grafico differenziale integrale della direzione di spostamento (AZIMUT);

I dati rilevati saranno elaborati mediante l'ausilio di un software dedicato che permetterà la restituzione tramite elaborati grafici da allegare ai tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supporto informatico in formato testo.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di monitoraggio</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0400 002</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>10 di 16</b>

#### 4.4 CAPISALDI DI LIVELLAZIONE

Al fine raccogliere informazioni sulle deformazioni nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie occorrerà misurare lo spostamento di punti, identificati mediante caposaldi di livellazione, ubicati a piano campagna in corrispondenza di elementi ritenuti significativi o di allineamenti disposti, ove possibile, perpendicolarmente all'asse della galleria.

La distanza tra due allineamenti successivi sarà variabile e dipenderà dalla morfologia del contesto di installazione.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del caposaldo ed una testa emisferica per la battuta topografica. Ogni borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro di idonea lunghezza, che verrà cementata all'interno di appositi fori in modo da garantire la solidarietà con il terreno.

Per la misura diretta dei dislivelli verrà utilizzato un livello ottico: lo strumento, attraverso una linea di mira orizzontale, effettua la misura del dislivello su una stadia graduata, che costituisce pertanto il campione di misura diretta.

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

Saranno inoltre installati, per ciascun allineamento, alcune mire per la valutazione dello spostamento planimetrico.

##### 4.4.1 Restituzione dei dati

Le misure saranno effettuate con strumento topografico a lettura manuale.

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

- Variazioni di cedimento rispetto al tempo;
- Spostamenti assoluti delle mire nelle tre componenti (abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E).

#### 4.5 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Il monitoraggio piezometrico verrà effettuato mediante piezometri di tipo Casagrande che consentono il rilievo, mediante apposita sondina elettrica (freatimetro) munita di cavo graduato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubicini rigidi in PVC per il raccordo con la superficie.

Il freatimetro è uno strumento costituito da un cavo montato su di un rullo alloggiante il circuito di segnalazione e la batteria, così da risultare facilmente trasportabile. Il puntale montato all'estremità inferiore del cavo, al contatto con l'acqua, chiude un circuito che attiva un segnale sonoro e luminoso: la posizione in cui si trova la sonda quando vengono attivati tali segnali di allarme corrisponde con il livello dell'acqua che viene così letto direttamente sul cavo graduato.

La cella tipo Casagrande è costituita da un cilindro poroso di materiale plastico (ad es. polietilene soffiato) o di ceramica, che dovrà avere un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza non inferiore a 200 mm; il collegamento del cilindro poroso con la superficie è assicurato da due tubicini rigidi in PVC (andata e ritorno). Il piezometro potrà eventualmente essere automatizzato, con l'installazione al suo interno di un trasduttore di pressione.

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

##### 4.5.1 Restituzione dei dati

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

- Variazioni di falda rispetto al tempo.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>11 di 16</b>

I dati rilevati saranno forniti sia in forma grafica sia mediante tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supporto informatico.

## 4.6 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Viene misurata la deformazione, lungo la direzione di massima lunghezza, dello strumento, tramite le variazioni di frequenza indotte nel sensore a corda vibrante. Lo strumento sarà dotato anche di sensore per la misurazione della temperatura.

Principali caratteristiche tecniche:

- Range di misura: 3000  $\mu\epsilon$
- Sensibilità: 1,0  $\mu\epsilon$
- Precisione: <2,0% FSR
- Temperatura di utilizzo: -20° C - +80° C

La strumentazione sarà scelta in modo da garantire una precisione coerente con le soglie di attenzione ed allarme. Ulteriori dettagli in merito saranno forniti in sede di progetto esecutivo di dettaglio.

### 4.6.1 Restituzione dei dati

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

- Variazioni di deformazione rispetto al tempo;
- Variazioni di deformazione rispetto alla temperatura.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>12 di 16</b>

## 5 DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA

È possibile stabilire a priori i valori delle soglie di attenzione e allarme relative a parametri chiave delle misurazioni effettuate, in termini di spostamenti e tensioni.

Al superamento di tali parametri limite, è necessario intervenire con opportune azioni cautelative descritte nel seguito.

L'effettuazione di un generico scavo di ribasso sarà subordinato alla preventiva valutazione positiva della stabilizzazione del monitoraggio. Per le soglie di attenzione e di allarme relative alle singole fasi di scavo si rimanda alle relazioni di progetto esecutivo di dettaglio.

Di seguito vengono riportati i valori di soglia finali.

### 5.1 VALORI DI SOGLIA

Per il monitoraggio delle opere si farà riferimento al controllo in termini di spostamento assoluto misurato lungo l'asse della paratia di imbocco, per il monitoraggio della stessa, ed in termini di tiro misurato dalle celle di carico toroidali, per i tiranti indicati

#### 5.1.1 Monitoraggio della paratia

Si riportano i valori di deformazione da assumersi in corso d'opera per i riferimenti topografici, ovvero per le mire ottiche posizionate nelle sezioni di monitoraggio indicate in precedenza nel Capitolo 3.

Le soglie di attenzione e di allarme sono espresse con riferimento allo spostamento assoluto della paratia.

Spostamenti anomali del singolo riferimento topografico dovranno essere confermati attraverso una serie di letture ripetute in un arco temporale limitato.

Tali valori sono stati valutati in funzione del valore massimo di spostamento atteso dalle analisi numeriche, nel seguente modo:

$$\begin{aligned} \text{soglia di allarme} & \quad \Delta_{\text{allarme}} = 1.2 * \Delta_{\text{calcolo}} \\ \text{soglia di attenzione} & \quad \Delta_{\text{attenzione}} = 0.95 * \Delta_{\text{calcolo}} \end{aligned}$$

in cui  $\Delta_{\text{calcolo}}$  è il massimo spostamento secondo i risultati delle analisi numeriche riportate in "Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco"

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di monitoraggio	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GA0400 002	REV. B	FOGLIO 13 di 16

**Tabella 5-1. Sintesi dei valori soglia per gli spostamenti assoluti**

<b>MELITO - lato NA</b>	<b>Spostamento assoluto</b>	
	Soglia di attenzione [cm]	Soglia di allarme [cm]
Sezione 0	3	4
Sezione 1 - Monte	0.5	0.8
Sezione 1 - Valle	0.5	0.8
Sezione 2	0.5	0.8

Si tenga presente che i valori di spostamento sopra indicati non saranno valutati solo con riferimento al singolo riferimento topografico, ma verranno comparati anche con il valore medio dello spostamento registrato dal gruppo di riferimenti topografici appartenenti sia al medesimo settore di paratia in esame (inteso come parte d'opera che si ipotizza dia una risposta confrontabile ) sia allo stesso livello. Tale accortezza si ritiene necessaria in quanto il superamento puntuale di un valore di attenzione di un parametro può essere dovuto ad esempio a cause locali, e solo un attento esame di tutti i dati provenienti dall'intero "volume di controllo" e soprattutto all'evolversi nel tempo di tali valori, potrà dare un quadro coerente degli eventuali fenomeni in atto.

### 5.1.2 Monitoraggio tiranti

Si riportano i valori di sforzo da assumersi quale riferimento in corso d'opera per le celle di carico indicate nel Capitolo 3.

Le soglie di attenzione e di allarme sono espresse con riferimento al tiro massimo misurato per il singolo tirante, tramite cella di carico.

Tali valori sono stati valutati in funzione del valore massimo di tiro atteso dalle analisi numeriche, nel seguente modo:

**soglia di allarme**                       $P_{allarme} = 1.2 * P_{esercizio}$   
**soglia di attenzione**                       $P_{attenzione} = 0.95 * P_{esercizio}$

in cui  $P_{esercizio}$  è il massimo tiro atteso in esercizio secondo i risultati delle analisi numeriche riportate in "Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco".

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ RH</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA0400 002</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>14 di 16</b>

Tabella 5-2. Sintesi dei valori soglia per il tiro

<b>MELITO NA - SEZIONE 0</b>	<b>Tiro misurato</b>	
Ordine	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
1	320	405
2	215	270
3	215	270
4	210	265
5	285	360

<b>MELITO NA - SEZIONE 1 VALLE</b>	<b>Tiro misurato</b>	
Ordine	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
1	295	375
2	300	380

<b>MELITO NA - SEZIONE 2</b>	<b>Tiro misurato</b>	
Ordine	Soglia di attenzione [kN]	Soglia di allarme [kN]
1	295	375
2	300	380

### 5.1.3 Monitoraggio livellazioni a piano campagna ed inclinometrico

Per quanto riguarda le soglie relative alle livellazioni a piano campagna ed alle letture inclinometriche, queste verranno esplicitate in fase di progetto esecutivo di dettaglio anche in relazione ai risultati del monitoraggio ante-operam.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di monitoraggio</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ RH</b>	DOCUMENTO <b>GA0400 002</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>15 di 16</b>

## 6 FREQUENZA DI LETTURA

Di seguito vengono riportate le frequenze di lettura. Si specifica che le frequenze indicate potranno essere adeguate alle esigenze, in funzione degli esiti delle lavorazioni e del monitoraggio stesso. Nello specifico, per ogni tipologia di strumentazione, le frequenze di lettura verranno incrementate qualora si riscontrasse una situazione di rischio potenziale sulla base delle letture precedenti (linea di tendenza).

### 6.1 MONITORAGGIO DELLE PARATIE

La cadenza delle misure per quanto riguarda le **mire ottiche**, è quella di seguito elencata:

- N.1 misurazione ogni 3 giorni nella settimana successiva alla lettura di “zero”;

Ad inizio lavori:

- N. 1 lettura ogni fase di ribasso dello scavo;
- N. 1 lettura ogni 15 giorni in caso di fermi prolungati;
- N. 1 lettura ogni 7 giorni dopo il termine degli scavi per il primo mese;
- N. 1 lettura ogni 15 giorni dopo il termine degli scavi per il secondo mese;
- N. 1 lettura ogni 30 giorni fino a fine lavori.

Per quanto riguarda le **celle di carico**, durante la fase di collaudo del tirante devono essere eseguite letture ad ogni step di carico previsto dalla procedura di collaudo ed al termine della tesatura.

Per ogni tirante indicato, va eseguita una lettura al giorno (riconducibile a due letture alla settimana nel caso di valori sostanzialmente stabili)

### 6.2 MONITORAGGIO SUBSIDENZE AL PIANO CAMPAGNA

La cadenza delle misure per quanto riguarda il monitoraggio delle subsidenze al piano campagna, è quella di seguito elencata:

- N. 1 lettura al giorno con il fronte entro +/-20m dalla sezione di misura;
- N. 2 letture a settimana con il fronte entro +/-40m dalla sezione di misura;
- N. 1 lettura a settimana fino a completa stabilizzazione delle misure.

### 6.3 MONITORAGGIO DEGLI INCLINOMETRI

La cadenza delle misure è quella di seguito elencata:

Durante le fasi di scavo:

- N. 1 letture al giorno degli spostamenti osservati;

A fine scavi:

- N. 2 letture per la prima settimana dal completamento dello scavo;
- N. 1 lettura settimanale per il successivo mese;
- N. 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera;
- N. 2 letture a settimana qualora si riscontri una situazione di rischio potenziale sulla base delle letture precedenti (linea di tendenza).

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ RH</td> <td style="text-align: center;">GA0400 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">16 di 16</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ RH	GA0400 002	B	16 di 16
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ RH	GA0400 002	B	16 di 16													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di monitoraggio</b>																		

## 7 MISURE DI INTERVENTO

Le misure di intervento correttive previste al superamento delle precedenti soglie, sia relative ad aspetti deformativi che tensionali, sono:

- Raggiungimento soglia di attenzione:

Necessaria la verifica a breve termine della misurazione, la segnalazione alla direzione dei lavori, e proseguimento delle lavorazioni secondo le indicazioni di progetto, associato all'intensificazione delle letture di monitoraggio dell'opera per controlli ed approfondimenti.

- Raggiungimento della soglia di allarme:

Temporanea interruzione delle lavorazioni, per consentire l'interpretazione dei fenomeni deformativi in atto e la definizione delle necessarie misure correttive aggiuntive durante l'esecuzione dei lavori.

Occorre effettuare un controllo sul posto della zona del superamento della soglia di allerta.

Nel caso si rilevassero delle reali anomalie riscontrabili a vista, la Direzione Lavori organizza un sopralluogo per valutare congiuntamente la situazione e definire le eventuali misure correttive necessarie. Sarà necessaria una temporanea interruzione delle lavorazioni per consentire l'interpretazione dei fenomeni deformativi in atto.