

## SS.4 - Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo - 2° Stralcio

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. RM190

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

David Carlaccini  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.:**

Dott. Ing. Achille Devitofranceschi

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carlaccini	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. F. Aloe	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Pionno
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. M. Manzo	Geom. C. Sugarani
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. M. Briganti Botta		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		



### GEOTECNICA

#### Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO: <b>DPRM0190</b> LIV. PROG.: <b>D</b> N. PROG.: <b>20</b>	<b>T00-GE00-GET-RE05-A</b>  CODICE ELAB.: <b>T00GE00GETRE05</b>	<b>A</b>	-
<b>A</b>	Emissione	17/01/2021	C. Consorti
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO
		D. Carlaccini	N. Granieri

---

Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
3	MONITORAGGIO RILEVATI .....	5
3.1	SEZIONI STRUMENTATE.....	5
3.2	QUANTITÀ DI STRUMENTI DA INSTALLARE E DI MISURE DA ESEGUIRE .....	9
3.2.1	Misura delle pressioni interstiziali – piezometri elettrici.....	9
3.2.2	Misura degli spostamenti nel terreno di fondazione con la profondità – assestimetri magnetici multipunto.....	10
3.2.3	Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato – assestimetri a piastra .....	11
3.2.4	Misura dell'abbassamento del piano campagna ai lati del rilevato – capisaldi .....	13
4	MONITORAGGIO RILEVATO FERROVIARIO.....	15
4.1	DEFINIZIONE LIMITI DI SOGLIA ED ATTENZIONE .....	15

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione viene riportata la descrizione del sistema di monitoraggio da prevedere nell'ambito della progettazione definitiva di "S.S.4 Salaria – Variante di Monterotondo Scalo – 2° stralcio", riguardo gli interventi previsti dalla viabilità variante all'abitato di Monterotondo Scalo, tra il comune di Roma e Monterotondo.

L'intervento si sviluppa nei pressi della S.S.4 "Salaria" nel territorio di Monterotondo Scalo (RM) e prevede la realizzazione di un tratto di strada in rilevato, che avrà anche funzione di argine delle piene occasionali del fiume Tevere, trovandosi in zona di esondazione del fiume (asse 1, tratto tra la rotonda A e B; asse 3 dalla rotonda B a D). L'intervento si completa con un tratto di strada in viadotto (asse 2, tratto dalla rotonda B a C). Mediante i rami delle rotatorie A, C e D l'opera si collega alla viabilità esistente. Nei pressi della rotonda D, ramo sud, il collegamento avviene attiguo alla rete ferroviaria.

La Figura 1 riporta una planimetria dell'area in questione.

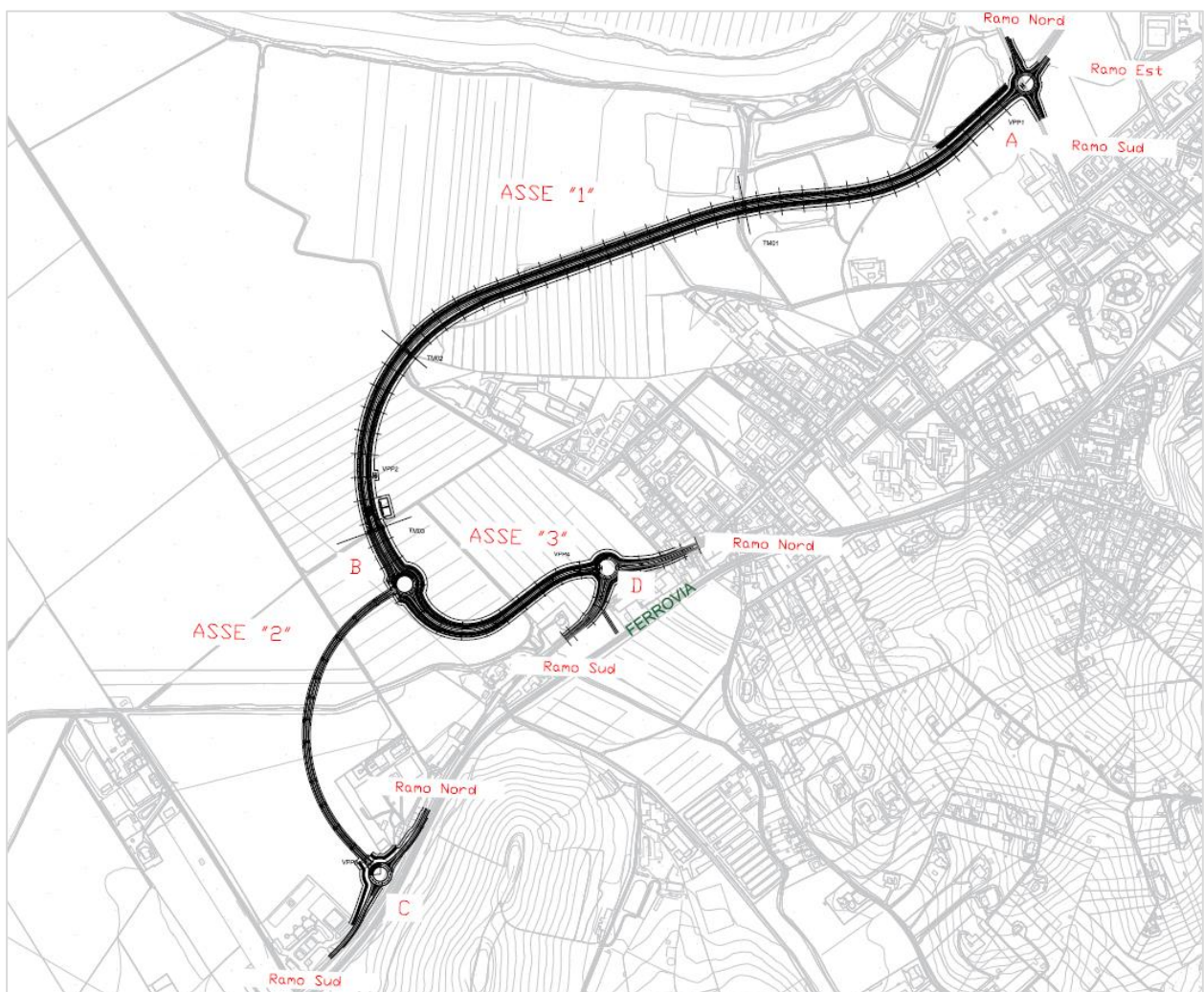


Figura 1. Area di intervento in planimetria.

Il piano di monitoraggio ha l'obiettivo di controllare che il processo di consolidazione dei terreni di fondazione evolva secondo le previsioni di progetto, così da dare il via libera al prosieguo dei lavori.

---

**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

Nel seguito, dopo una sintetica descrizione dell'opera, si illustra il piano di monitoraggio, su valutazione preliminare, previsto per il rilevato e per la linea ferroviaria esistente, che potrebbe interferire con la realizzazione delle opere. È inoltre descritta la relativa strumentazione da installare con le corrispondenti specifiche tecniche.

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La "S.S.4 Salaria – Variante di Monterotondo Scalo – 2° stralcio" è una strada di collegamento tra il comune di Roma e di Monterotondo. Il progetto della strada è suddiviso in 3 assi. Oggetto della seguente relazione è il monitoraggio che riguarda gli assi che si sviluppano in rilevato, denominati Asse 1, Asse 3. Data la vicinanza dell'intera opera al fiume Tevere, il rilevato è stato progettato prevedendo l'impermeabilizzazione del paramento, così da garantire funzione di argine in caso di piena.

Inoltre, a causa della prossimità dell'intera opera con la linea ferroviaria esistente, si prevede di monitorare il rilevato ferroviario al fine di non intaccarne la funzionalità.

Le fasi costruttive sono uguali per l'intero tratto, ad eccezione dei primi 200 m circa dell'Asse 1: tale asse, che si sviluppa complessivamente per 2 km, tra le pk 0+000 e 0+221.76 sarà realizzato a ridosso di una serie di laghetti artificiali, in alcuni casi anche attraversandoli. Per questo motivo risulterà necessario, preliminarmente, realizzare una tura (con materiale poco permeabile), in modo da creare uno sbarramento, eliminare l'acqua e bonificare la zona in cui poi sarà realizzato il rilevato. Ad eccezione di questa fase preliminare, esclusiva della zona antistante i laghetti, l'intero tracciato in rilevato sarà poi realizzato secondo gli *step* di seguito elencati: realizzazione del rilevato con dimensioni maggiori rispetto a quelle di progetto (il tutto finalizzato ad eseguire una precarica del terreno di fondazione; per i dettagli si veda la Relazione geotecnica di calcolo, elaborato T00GE00GETRE02 e i relativi elaborati grafici), per far scontare in anticipo i cedimenti, e attesa del tempo necessario affinché si sviluppino almeno il 95% del processo di consolidazione dei terreni di fondazione (che dovrà essere confermato con misure di monitoraggio), eliminazione della precarica e riprofilatura, realizzazione di paratia, muretto e gabbione al piede del rilevato.

Per accelerare il processo di consolidazione, il progetto prevede, quindi, la realizzazione di dreni sotto l'area di impronta dei rilevati in terra. Poiché le indagini svolte non sempre hanno individuato il tectodelle argille consistenti di base (Ac) o delle sabbie e ghiaie (S-Gh), la lunghezza degli strumenti del monitoraggio è stato spinta fino allo spessore in cui queste sono state intercettate dai sondaggi o fino al superamento del volume significativo.

I dettagli costruttivi dei dreni e delle precariche e le fasi costruttive sono illustrati negli elaborati T00-GE00-GET-DI01, T00-GE00-GET-DI02, T00-GE00-GET-DI03. La Tavola specifica sul monitoraggio è l'elaborato T00-GE00-GET-PP02.

### 3 MONITORAGGIO RILEVATI

Il progetto prevede l'esecuzione di un piano di monitoraggio in corrispondenza delle sezioni in rilevato che si sviluppano lungo l'Asse 1 e l'Asse 3; l'obiettivo è quello di controllare che il processo di consolidazione dei terreni di fondazione evolva secondo le previsioni di progetto, così da dare il via libera al prosieguo dei lavori.

Sulla base delle informazioni ottenute dalle indagini svolte e considerato che i dreni sono stati posti ad un interasse di 2.5 m, si è stimato che per arrivare al 95% della consolidazione dello strato interessato dalla presenza dei dreni siano necessari circa 3 mesi dall'ultima operazione di carico. Tale tempo dovrà poi essere confermato in sito.

I parametri da monitorare per seguire il processo di consolidazione dei terreni di fondazione dei rilevati sono i seguenti:

- ✓ pressioni interstiziali nelle unità geotecniche a grana di fine dei terreni di fondazione, misurate per mezzo di piezometri elettrici;
- ✓ abbassamenti nel tempo (ovvero riduzione di volume nel tempo) del terreno di fondazione con la profondità da piano campagna, misurati mediante assestimetri magnetici multipunto;
- ✓ abbassamenti nel tempo (cedimenti) del piano di posa del rilevato, misurati attraverso assestimetri a piastra e livellazione geometrica di precisione sui capisaldi in testa;
- ✓ abbassamenti nel tempo (cedimenti) del piano campagna ai lati del rilevato, misurati con livellazione geometrica di precisione su capisaldi.

Si prevede di strumentare una sezione ogni circa 130-150 m di sviluppo longitudinale di rilevato. Le sezioni dovranno essere strumentate prima della realizzazione del rilevato previsto; in dettaglio, i piezometri dovranno essere installati almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale *ante operam* e, visti i cedimenti che si aspetta si manifesteranno, ciascun piezometro dovrà essere dotato di un cavo di collegamento alla centralina sufficientemente lungo da potere "assorbire" gli spostamenti senza essere tranciato.

Le misure di tutti gli strumenti andranno eseguite con la cadenza riportata nel prosieguo della presente relazione, fino a che non sia evidente che il processo di consolidazione risulti sostanzialmente esaurito.

L'installazione della strumentazione di monitoraggio prevista dovrà avvenire sotto la supervisione di personale tecnico qualificato (ingegneri e geologi).

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione di tutti i dati di monitoraggio derivati dalle misure in corso d'opera devono essere riportati in un apposito archivio digitale consultabile *online* dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori (DL).

#### 3.1 SEZIONI STRUMENTATE

Ogni sezione strumentata sarà costituita da (cfr. Figura 2):

- a) n. 2 verticali distinte, ciascuna attrezzata con 1 piezometro elettrico con cella di misura a profondità comprese tra 8 e 20 m da piano campagna. Le due verticali saranno ubicate simmetricamente tra loro a 1÷2 m di distanza dall'asse del rilevato. Il cavo elettrico di ciascuna cella piezometrica verrà poi disteso lungo la sezione, lasciandolo sufficientemente lento così da potersi adattare ai cedimenti del terreno di fondazione senza tranciarsi (incremento del 10% della lunghezza dei cavi), e portato fino a 5÷6 m oltre il piede della scarpata del costruendo rilevato e poi ancora fino alla centralina di acquisizione; si prevede di installare una centralina di acquisizione ogni 3 sezioni strumentate e di



**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

- posizionarla all'incirca a metà del tratto interessato dalle 3 sezioni da monitorare (ovvero in corrispondenza della sezione strumentata centrale);
- b) n. 1 assestometro magnetico multipunto di lunghezza strumentata,  $L_{ASS-M,strumentata}$ , tale da arrivare ad una profondità alla quale l'incremento di stato tensionale nel terreno per effetto della realizzazione del rilevato è trascurabile o tale da intestarsi per alcuni metri nella formazione di base poco deformabile (Ac o S-Gh, cfr. Relazione geotecnica di caratterizzazione). Ogni assestometro dovrà comunque essere dotato di un caposaldo in testa allo stesso, così da poter rilevare il valore assoluto del cedimento (cfr. Figura 2). Il tratto di lunghezza strumentata  $L_{ASS-M,strumentata}$  sarà attrezzato con un anello magnetico ogni 2 m a partire dalla quota del piano di posa del rilevato; verranno inseriti anche almeno due punti magnetici all'interno del corpo del rilevato;
  - c) n. 3 assestimetri a piastra con base di appoggio alla quota di testa dello spessore di scotico + bonifica. In testa all'assestometro dovrà essere posizionato un caposaldo per la misura della quota assoluta nel tempo (ovvero degli abbassamenti del piano di posa del rilevato);
  - d) n. 2 capisaldi installati sul piano campagna nella zona prossima al piede di ciascuna scarpata del rilevato.

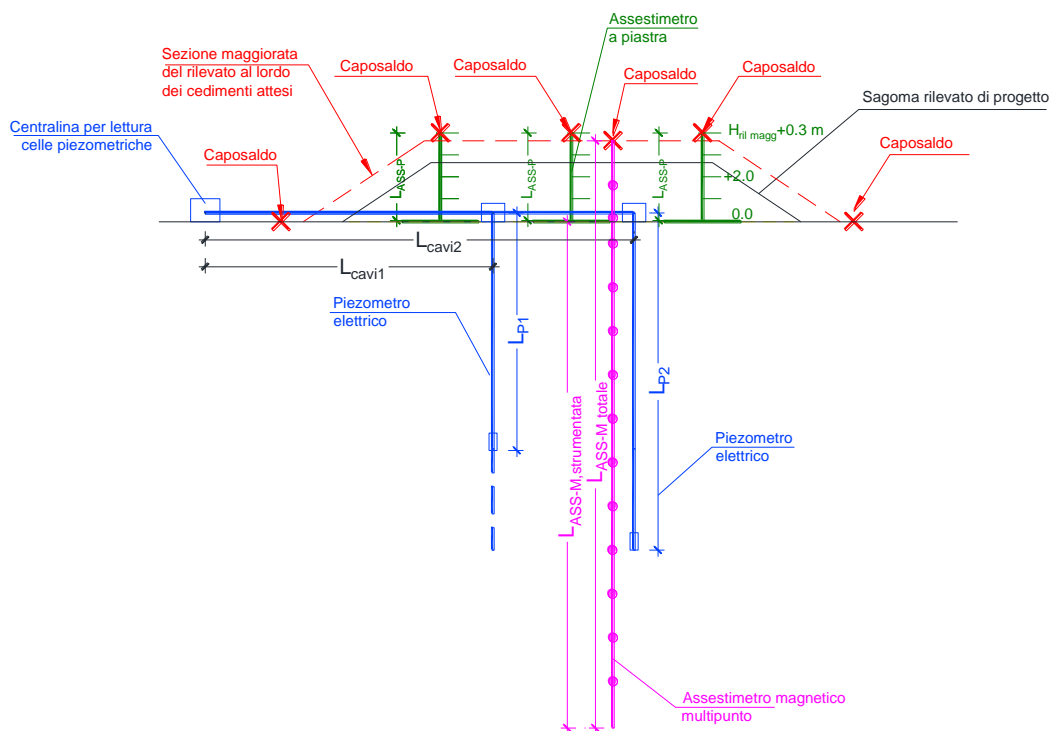


Figura 2: Sezione strumentata – Schema indicativo della disposizione della strumentazione di monitoraggio.

In Tabella 1 sono riepilogati gli assi stradali e le progressive delle sezioni strumentate previste in progetto.

**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

Tabella 1: Riepilogo sezioni strumentate.

Asse	Nome sezione strumentata	Progressiva
1	SM-1.1	0+000
1	SM-1.2	0+100
1	SM-1.3	0+280
1	SM-1.4	0+430
1	SM-1.5	0+580
1	SM-1.6	0+730
1	SM-1.7	0+880
1	SM-1.8	1+030
1	SM-1.9	1+180
1	SM-1.10	1+330
1	SM-1.11	1+480
1	SM-1.12	1+630
1	SM-1.13	1+780
1	SM-1.14	1+910
1	SM-1.15	2+033.57
3	SM-3.1	0+000
3	SM-3.2	0+150
3	SM-3.3	0+300
3	SM-3.4	0+465

Le misure manuali sui capisaldi, sugli assestimetri multibase e su quelli a piastra saranno eseguite con la seguente cadenza:

- 1 misura subito dopo l'installazione dello strumento e comunque prima dell'avvio delle attività (lettura di zero);
- 1 misura a settimana durante il periodo della precarica (3 mesi);

Le letture andranno eseguite fino alla rimozione della precarica.

Le letture sugli assestimetri multibase ed a piastra andranno eseguite contestualmente alle letture del caposaldo installato in testa.

Per quanto riguarda i piezometri elettrici, la misura avverrà in automatico avendo preimpostato il sistema per l'esecuzione di 12 letture giornaliere; in questo caso le letture saranno eseguite fino al termine dei lavori, cioè fino al completamento del pacchetto stradale.

Nelle Tabella 2 è riepilogata la frequenza delle letture da eseguire per ciascuna strumentazione allestita sulle sezioni da monitorare.



**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

Tabella 2: Sezioni di monitoraggio, frequenza e durata delle letture.

Posizione	Numero sezioni strumentate per ogni asse	Frequenza letture	Durata letture
1 sezione ogni circa 130-150 m di sviluppo lineare di rilevato	Asse 1 n.15  Asse 3 n. 4	Misura degli spostamenti verticali con la profondità nel terreno di fondazione del rilevato  ASSESTIMETRO MAGNETICO MULTIPUNTO  (misura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana per 3 mesi (o anche oltre i 3 mesi, fino a che il processo di consolidazione non risulti sostanzialmente esaurito), fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (95%).</li> </ul> <p>N.B. 1: ogni volta che si esegue una lettura sull'assestometro multibase, va eseguita anche la lettura sul caposaldo posizionato in testa allo stesso.</p> <p>N.B. 2: se alla fine dei 3 mesi l'insieme delle misure di monitoraggio non dovessero mostrare un sostanziale esaurimento del processo di consolidazione, le misure andranno protratte nel tempo fino al raggiungimento di tale circostanza.</p>	Fino alla rimozione della precarica
		Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato  ASSESTIMETRO A PIASTRA con CAPOSALDO in testa  (lettura manuale): <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana per 3 mesi (o anche oltre i 3 mesi, fino a che il processo di consolidazione non risulti sostanzialmente esaurito), fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%).</li> </ul> <p>N.B. 1: la lettura consiste nella misura topografica della posizione del caposaldo in testa allo strumento.</p> <p>N.B. 2: se alla fine dei 3 mesi l'insieme delle misure di monitoraggio non dovessero mostrare un sostanziale esaurimento del processo di consolidazione, le misure andranno protratte nel tempo fino al raggiungimento di tale circostanza.</p>	Fino alla rimozione della precarica
		Misura delle pressioni interstiziali  PIEZOMETRI ELETTRICI  (misura in automatico)  12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore).  <b>N.B.: le celle dovranno essere installate almeno 2 settimane prima che comincino le attività di posa in opera del materiale del rilevato, così da avere una misura attendibile della pressione interstiziale ante operam.</b>	Fino alla realizzazione del pacchetto stradale
		Misura dell'abbassamento del piano campagna nella zona prossima al piede di ciascuna scarpata del rilevato  CAPOSALDI <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 misura prima dell'inizio dei lavori (misura di 0);</li> <li>• 1 misura a settimana per 3 mesi (o anche oltre i 3 mesi, fino a che il processo di consolidazione non risulti sostanzialmente esaurito), fino al raggiungimento del grado di consolidazione stabilito in progetto (95%).</li> </ul> <p>N.B. 1: se alla fine dei 3 mesi l'insieme delle misure di monitoraggio non dovessero mostrare un sostanziale esaurimento del processo di consolidazione, le misure andranno protratte nel tempo fino al raggiungimento di tale circostanza.</p>	Fino alla rimozione della precarica

### 3.2 QUANTITÀ DI STRUMENTI DA INSTALLARE E DI MISURE DA ESEGUIRE

Vengono di seguito descritte per ogni grandezza da monitorare, il tipo di rilievo previsto e vengono fornite le indicazioni riguardo la tipologia ed il numero degli strumenti per ogni sezione strumentate e le modalità di rilievo e di restituzione dei dati. Per quanto riguarda la tipologia ed il contenuto degli elaborati delle misure, così come per quanto riguarda le modalità di installazione degli strumenti, ci si dovrà attenere a quanto contenuto nel nuovo "CSA - Norme tecniche - IT.PRL.05.10 – Rev. 2.0 RILIEVI, INDAGINI E MONITORAGGIO.

#### 3.2.1 Misura delle pressioni interstiziali – piezometri elettrici

Le misure della pressione interstiziale consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura delle pressioni mediante le celle piezometriche elettriche posizionate negli strati di terreni suscettibili di consolidazione (litotipo A). I rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti in automatico e convogliati nei *datalogger* (centralina fissa per lettura e memorizzazione dati). La memoria del sistema di acquisizione dati deve essere tarata sulla frequenza di lettura di progetto e il sistema di elaborazione dati avviene mediante apposito *software*. Si prevede di eseguire un numero minimo di rilevamenti per ogni cella piezometrica installata pari a 12 letture giornaliere (1 ogni 2 ore) fino alla realizzazione del pacchetto stradale; la frequenza delle misure potrà essere ridotta (cadenza maggiore) previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione delle pressioni prima del previsto.

Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Pressione interstiziale nel tempo con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

In Tabella 3 sono riepilogati, per ogni sezione strumentata, il numero di celle piezometriche da installare, la lunghezza dei cavi, il numero di centraline di acquisizione da impiegare. La lunghezza totale  $L_{cavi\ tot}^*$  è stata ricavata incrementando del 10% le lunghezze determinate per i cavi dentro e fuori terra, così da "assorbire" gli spostamenti senza essere tranciato.

Tabella 3: Piezometri elettrici, riepilogo strumentazione da installare.

Tratto in esame	n. Sez. strumentate	pk	Piezometri elettrici per ogni sezione						Centraline acquisizione dati	
			n°	L <sub>p1</sub> (m)	L <sub>p2</sub> (m)	L <sub>cavi1</sub> (m)	L <sub>cavi2</sub> (m)	L <sub>cavi tot</sub> * (m)	n°	Progressiva installazione centralina pk
Asse 1	15	0+000	2	8	20	181	197	416	1	0+150
		0+100	2	8	20	13	47	66		
		0+280	2	8	20	143	177	352		
		0+430	2	8	20	163	197	396	1	0+580
		0+580	2	8	20	13	47	66		
		0+730	2	8	20	163	197	396		
		0+880	2	8	20	163	197	396	1	1+030
		1+030	2	8	20	13	47	66		
		1+180	2	8	20	163	197	396		
		1+330	2	8	20	163	197	396	1	1+480
		1+480	2	8	20	13	47	66		
		1+630	2	8	20	163	197	396		

**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

		1+780	2	8	20	143	177	352	1	1+910
		1+910	2	8	20	13	47	66		
		2+033.57	2	8	20	136.57	172.57	340		
	<b>Totale Asse 1</b>	<b>n° totale piezometri elettrici = 30; L totale cavi = 4166 m</b>							<b>n° totale centraline = 5</b>	
Asse 3	4	0+000	2	8	20	243	255	548	1	0+230
		0+150	2	8	20	93	105	218		
		0+300	2	8	20	83	95	196		
		0+465	2	8	20	248	260	559		
	<b>Totale Asse 3</b>	<b>n° totale piezometri elettrici = 8; L totale cavi = 1521 m</b>							<b>n° totale centraline = 1</b>	

### 3.2.2 Misura degli spostamenti nel terreno di fondazione con la profondità – assestimetri magnetici multipunto

Le misure degli spostamenti nel terreno con la profondità (riduzione di volume dello strato di terreno in consolidazione) consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura con scandaglio con cavo millimetrato della posizione degli anelli magnetici di riferimento installati. A partire dalla quota del piano campagna *ante operam*, il progetto prevede l'installazione di un anello magnetico ogni 2 m nello spessore di terreno interessato dal processo di consolidazione (litotipo A); nel corpo del rilevato verranno inseriti almeno due anelli magnetici. L'assestimetro avrà lunghezza tale da arrivare ad intersarsi nello strato di ghiaia (S-Gh) o di argilla consistente di base (Ac), ove intercettato dai sondaggi, o comunque 2 m al di sotto del volume significativo e sarà comunque dotato di un caposaldo in testa. Dopo l'installazione e prima dell'inizio delle attività di stesa del materiale da rilevato, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 1 misura a settimana a partire dal completamento di rilevato e precarica; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale si potrà passare alla rimozione della precarica e successivamente alla realizzazione del pacchetto stradale; lo strumento verrà quindi via via allungato man mano che si mettono in opera strati successivi di 30-50 cm. La frequenza delle misure potrà essere ridotta (cadenza maggiore), previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione degli spostamenti prima del previsto, così come la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Ogni volta che sarà eseguita la lettura sull'assestimetro, bisognerà eseguire anche la misura sul caposaldo in testa allo stesso.

Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo per ciascun anello magnetico con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 4 riassume per ogni sezione strumentata la lunghezza dello strumento, il numero di anelli magnetici da installare, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana per 3 mesi, fino alla rimozione della precarica): tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 4: Assestimetri multibase, riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sezione strumentata	pk	ASSESTIMETRI MAGNETICI							
			Quantità strumenti				Quantità misure			
			n°	LASS-M strumentata nel terreno (m)	LASS-M strumentata nel rilevato (m)	n° anelli magnetici (1 ogni 2 m)	Periodo totale di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° letture per ogni assestometro	n° letture (+10%) per ogni assestometro
Asse 1	SM-1.1	0+000	1	26	8	16	3	1 misura a settimana (+ 1 lettura di zero e 1 lettura extra)	14	15
	SM-1.2	0+100	1	28	8	17				
	SM-1.3	0+280	1	28	6	16				
	SM-1.4	0+430	1	30	6	17				
	SM-1.5	0+580	1	31	6	18				
	SM-1.6	0+730	1	31	8	19				
	SM-1.7	0+880	1	42	8	24				
	SM-1.8	1+030	1	42	8	24				
	SM-1.9	1+180	1	42	8	24				
	SM-1.10	1+330	1	42	8	24				
	SM-1.11	1+480	1	42	8	24				
	SM-1.12	1+630	1	42	8	24				
	SM-1.13	1+780	1	42	8	24				
	SM-1.14	1+910	1	42	8	24				
	SM-1.15	2+033.57	1	42	8	24				
<b>Totale Asse 1</b>			<b>n° AssM =15; L<sub>tot ass</sub> = 665 m; n° tot anelli magn = 319</b>							
Asse 3	SM-3.1	0+000	1	42	8	24				
	SM-3.2	0+150	1	42	8	24				
	SM-3.3	0+300	1	42	7	23				
	SM-3.4	0+465	1	42	7	23				
	<b>Totale Asse 2</b>			<b>n° AssM =4; L<sub>tot ass</sub> = 198 m; n° tot anelli magn = 94</b>						

### 3.2.3 Misura dell'abbassamento del piano di posa del rilevato – assestimetri a piastra

Le misure del cedimento nel tempo del piano di posa del rilevato consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della misura topografica di precisione della testa dell'asta che compone l'assestometro (dove è inserito un caposaldo).

Il progetto prevede l'installazione di n. 3 assestimetri a piastra per ogni sezione strumentata. L'assestometro avrà altezza tale da arrivare circa 1 m sopra la quota di testa del rilevato. Subito dopo averlo posizionato in sito, prima ancora di iniziare le attività di posa in opera del materiale da rilevato, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 1 misura a settimana a partire dal completamento di rilevato e precarica; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale si potrà passare alla rimozione della precarica e alla realizzazione del pacchetto stradale. La frequenza delle misure potrà essere ridotta (cadenza maggiore), previa approvazione da parte della DL,

**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

qualora le misure mostrassero la stabilizzazione degli spostamenti prima del previsto, così come la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo della testa dell'assestometro con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

Nelle Tabella 5 sono riepilogati, per ogni sezione strumentata, la lunghezza dello strumento, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana per 3 mesi, cioè fino alla rimozione della precarica): tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 5: Assestimetri a piastra, riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sezione strumentata	pk	ASSESTIMETRI A PIASTRA						
			Quantità strumenti			Quantità misure			
			n°	L <sub>ASS-P</sub> (m)	L <sub>ASS-P</sub> totale (m)	Periodo totale di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° letture per ogni assestometro	n° letture (+10%) per ogni assestometro
Asse 1	SM-1.1	0+000	3	8	24	3	1 misura a settimana (+ 1 lettura di zero e 1 lettura extra)	14	15
	SM-1.2	0+100	3	8	24				
	SM-1.3	0+280	3	6	18				
	SM-1.4	0+430	3	6	18				
	SM-1.5	0+580	3	6	18				
	SM-1.6	0+730	3	8	24				
	SM-1.7	0+880	3	8	24				
	SM-1.8	1+030	3	8	24				
	SM-1.9	1+180	3	8	24				
	SM-1.10	1+330	3	8	24				
	SM-1.11	1+480	3	8	24				
	SM-1.12	1+630	3	8	24				
	SM-1.13	1+780	3	8	24				
	SM-1.14	1+910	3	8	24				
	SM-1.15	2+033.57	3	8	24				
<b>Totale Asse 1</b>		<b>n°<sub>AssP</sub> =45; L<sub>tot ass</sub> = 432 m</b>							
Asse 3	SM-3.1	0+000	3	8	24				
	SM-3.2	0+150	3	8	24				
	SM-3.3	0+300	3	7	21				
	SM-3.4	0+465	3	7	21				
	<b>Totale Asse 3</b>		<b>n°<sub>AssP</sub> =12; L<sub>tot ass</sub> = 90 m</b>						

### 3.2.4 Misura dell'abbassamento del piano campagna ai lati del rilevato – capisaldi

Le misure del cedimento nel tempo del piano di posa del piano campagna ai lati del rilevato consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della livellazione geometrica di precisione condotta sui capisaldi installati nelle sezioni strumentate di progetto (cfr. Tabella 1). Questi caposaldi si aggiungono a quelli previsti in testa degli assestimetri a piastra (3 per ogni sezione) e quello in testa dell'assestometro magnetico multiplo (1 per ogni sezione).

Subito dopo averli posizionati in sito, prima ancora di iniziare le attività di posa in opera del materiale da rilevato, dovrà essere eseguita la misura di zero. Tutti i rilevamenti della strumentazione vengono eseguiti manualmente da un operatore; dopo la misura di zero, la frequenza delle letture è di 1 misura a settimana a partire dal completamento di rilevato e precarica; le misure saranno eseguite durante tutto il tempo necessario per arrivare al grado di avanzamento del processo di consolidazione stabilito in progetto (pari al 95%), raggiunto il quale si potrà passare alla rimozione della precarica e alla realizzazione del pacchetto stradale. La frequenza delle misure potrà essere ridotta (cadenza maggiore), previa approvazione da parte della DL, qualora le misure mostrassero la stabilizzazione dei cedimenti prima del previsto; analogamente la DL potrà decidere di aumentare il numero di letture qualora lo reputasse necessario. Si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- ✓ Posizione assoluta nel tempo di ciascun caposaldo con indicazione delle fasi di lavoro svolte.

La Tabella 6 riassume per ogni sezione strumentata il numero di capisaldi presenti, il periodo totale di monitoraggio e il numero di letture da eseguire considerando la frequenza di misurazione prevista (1 lettura a settimana nei primi 3 mesi, fino alla rimozione della precarica): tale numero, a vantaggio di sicurezza, è stato incrementato del 10%.

Tabella 6: Capisaldi - Riepilogo strumentazione da installare e numero di misure manuali da eseguire.

Tratto in esame	Sezione strumentata	pk	CAPISALDI					
			Quantità strumenti (in aggiunta a quelli installati sugli assestimetri)	Quantità strumenti (già installati in testa agli assestimetri) *	Quantità misure			
			n°	n°	Periodo totale di monitoraggio (mesi)	frequenza	n° letture per ogni caposaldo	n° letture (+10%) per ogni caposaldo
Asse 1	SM-1.1	0+000	2	4	3	1 misura a settimana (+ 1 lettura di zero e 1 lettura extra)	14	15
	SM-1.2	0+100	2	4				
	SM-1.3	0+280	2	4				
	SM-1.4	0+430	2	4				
	SM-1.5	0+580	2	4				
	SM-1.6	0+730	2	4				
	SM-1.7	0+880	2	4				
	SM-1.8	1+030	2	4				
	SM-1.9	1+180	2	4				
	SM-1.10	1+330	2	4				
	SM-1.11	1+480	2	4				
	SM-1.12	1+630	2	4				
	SM-1.13	1+780	2	4				



**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

	SM-1.14	1+910	2	4			
	SM-1.15	2+033.57	2	4			
	<b>Totale Asse 1</b>		<b>n° tot capisaldi in aggiunta = 30</b>	<b>n° tot capisaldi su assest = 60</b>			
Asse 3	SM-3.1	0+000	2	4			
	SM-3.2	0+150	2	4			
	SM-3.3	0+300	2	4			
	SM-3.4	0+465	2	4			
	<b>Totale Asse 1</b>		<b>n° tot capisaldi in aggiunta = 8</b>	<b>n° tot capisaldi su assest = 16</b>			

(\*) I capisaldi installati in testa agli assestimetri sono già computati nella voce degli assestimetri

#### 4 MONITORAGGIO RILEVATO FERROVIARIO

Per la linea ferroviaria esistente, che potrebbe interferire con gli scavi dei pali taglione che si sviluppano ortogonalmente al ramo sud della rotatoria D, si prevede di istituire un controllo dei binari in superficie, nelle immediate vicinanze degli scavi.

Nel caso specifico le grandezze oggetto del monitoraggio sono quelle rappresentative degli effetti dell'interazione tra le lavorazioni di scavo, il terreno e le preesistenze. In generale si prevede di tenere sotto controllo:

- gli spostamenti della superficie topografica;
- gli spostamenti, i cedimenti (assoluti e differenziali), le distorsioni della linea ferroviaria per una zona a cavallo dell'intersezione con le opere in progetto.

La strumentazione utilizzata per misurare le grandezze sopra elencate è stata scelta in base al livello di precisione richiesto e quindi in base alla variazione che si prevede tali grandezze subiscano nel corso del monitoraggio.

Pertanto, per la ferrovia entro una fascia interessata dall'area di influenza delle lavorazioni dei pali-taglione saranno disposti, per il monitoraggio degli spostamenti orizzontali e verticali, dei capisaldi per livellazione topografica, posizionati in adiacenza al binario. Nello specifico saranno installati in totale n. 22 capisaldi: n. 18 in adiacenza al binario su un tratto di linea ferroviaria lungo 40 m (n. 1 ogni 5 m per ciascuna rotaia ovvero n.2 su 9 sezioni strumentate SM-F.1÷9) e n. 4 su punti esterni di riferimento.

La strumentazione da installare è riassunta in Tabella 7:

Tabella 7: Strumentazione di monitoraggio da installare.

Opera	Capisaldi	Mire ottiche
Linea FS	22	-

Tale strumentazione potrà essere soggetta ad un adattamento e perfezionamento a seguito di una specifica attività di rilevamento della linea FS esistente.

Nel complesso si prevede di eseguire 6 letture (livellazioni sulla strumentazione installata), così distribuite in funzione delle fasi lavorative:

- 1 lettura prima dell'inizio dei lavori (lettura di zero);
- 4 letture durante l'esecuzione dei lavori;
- 1 lettura dopo il termine dei lavori.

#### 4.1 DEFINIZIONE LIMITI DI SOGLIA ED ATTENZIONE

Si fissano dei valori di controllo (valori di soglia) delle principali grandezze coinvolte, in modo da accertare la loro rispondenza ai valori progettuali.

Per tale ragione si definiscono dei valori di soglia di Attenzione SAT e di allarme SAL. Il superamento di tali valori implica l'adozione di idonee contromisure.

La definizione delle **soglie di attenzione ed allarme** per il controllo dei binari della linea FS sarà riferita agli aspetti di potenziale danneggiamento per effetto dei potenziali cedimenti indotti dalle operazioni di realizzazione dei pali taglione dell'opera di sbarramento tra la rotonda D, ramo sud, e la linea ferroviaria.

**Relazione sul piano di monitoraggio dei rilevati**

Tabella 8: Grandezze da monitorare e attribuzione valori di soglia di attenzione ed allarme.

Opera	Grandezza	Soglie	Azione immediata	Azione successiva
Ferrovia esistente	Avvallamento/Sollevamento binari	<b>SAT</b> 20 mm su base di 40 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentare frequenza letture</li> <li>• Verificare la necessità di strumenti di misura integrativi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osservare l'andamento nel tempo</li> </ul>
		<b>SAL</b> 30 mm su base di 40 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermo lavori</li> <li>• Adeguamento fasi esecutive</li> <li>• Eventuale rinforzo dei binari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strumenti di monitoraggio integrativi</li> <li>• Verificare l'efficacia di una variazione delle fasi esecutive</li> <li>• Verificare l'efficacia di eventuali rinforzi inseriti</li> </ul>
	Sghembo / rollio	<b>SAT</b> 2.5% su base di 3 m 1.5% su base di 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentare frequenza letture</li> <li>• Verificare la necessità di strumenti di misura integrativi</li> <li>• Verificare le fasi esecutive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osservare l'andamento nel tempo</li> </ul>
		<b>SAL</b> 5.0% su base di 3 m 3.0% su base di 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adeguamento fasi esecutive</li> <li>• Livellamento binari</li> <li>• Eventuale rinforzo dei binari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strumenti di monitoraggio integrativi</li> <li>• Verificare l'efficacia di una variazione delle fasi esecutive</li> <li>• Verificare l'efficacia di eventuali rinforzi inseriti</li> </ul>