

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA - MONTEBELLO VICENTINO

RELAZIONE

GA GALLERIE - GA010 GENERALE

MONITORAGGIO – RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore Franco Persio Bocchetto iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale Data:	Conorzio IRICAV DUE Project Manager Data:		-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I	N	0	D	0	0	D	I	2	R	H	G	A	0	1	0	X	0	0	2	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F.P. Bocchetto	Lug.2015

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista integratore	Data	Autorizzato
A	Emissione	R. Ovena	Mag.2015	P. Coppola	Mag.2015	A. Antiga	Mag.2015	A. Antiga
B	Per Istruttoria Italferr	R. Ovena	Lug.2015	P. Coppola	Lug.2015	A. Antiga	Lug.2015	
								Data:

File: IN0D00DI2RHGA010X002B.DOCX	CUP: J41E9100000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SEZIONI TIPO DI MONITORAGGIO	5
2.1	Sezione tipo "A"	5
2.2	Sezione tipo "B"	6
2.3	Sezione tipo "C"	7
2.4	Sezione tipo "Stazione di pompaggio"	8
2.5	Frequenza di installazione.....	9
2.6	Frequenza di lettura	9
3	MONITORAGGIO DEI FABBRICATI	11
3.1	Frequenze di lettura	12
4	MONITORAGGIO DELLA VIABILITÀ ESISTENTE	14
4.1	Frequenze di lettura	15
5	METODO OSSERVAZIONALE DURANTE LE FASI DI SCAVO.....	17
6	VERIFICA DELLA PERMEABILITÀ RESIDUA DEL TAMPONE DI FONDO	19

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 3 di 21

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta a corredo del progetto definitivo, illustra gli aspetti connessi alle attività di monitoraggio delle trincee di approccio e della Galleria Artificiale San Martino facente parte della nuova linea ferroviaria AV/AC Verona–Padova, nella tratta compresa tra gli abitati di Verona stazione Porta Vescovo e Montebello Vicentino.

Nel seguito sono illustrate le soluzioni progettuali relative alla strumentazione di monitoraggio da utilizzarsi per il monitoraggio delle paratie costituenti le rampe e la galleria artificiale e delle opere interferenti con il tracciato della galleria stessa.

È previsto un sistema di monitoraggio delle paratie che consenta di verificare le previsioni progettuali e che permetta di evidenziare eventuali comportamenti anomali in fase di scavo.

Il monitoraggio delle paratie (delle rampe e della galleria artificiale) avverrà attraverso la posa in opera di sezioni di monitoraggio strumentate, con celle di carico e mire ottiche in corrispondenza dei tiranti, che consentiranno di realizzare un confronto tra le previsioni di progetto ed il reale comportamento delle opere in fase di scavo.

Durante la fase di esecuzione dei lavori è previsto inoltre il monitoraggio degli edifici esistenti attraverso il controllo degli spostamenti per mezzo di mire ottiche installate lungo i bordi dell'edificio stesso. Si precisa che il numero e la posizione delle mire ubicate sull'edificio esistente, riportate negli elaborati progettuali, è indicativo e dovrà essere verificato direttamente in sito in accordo con la conformazione strutturale dell'edificio stesso (ad esempio: raddoppio delle mire in corrispondenza dei giunti strutturali, posizionamento di una mira ottica in corrispondenza di ogni elemento strutturale significativo).

Anche per quanto concerne l'interferenza della galleria con il tracciato autostradale è previsto un controllo a piano campagna degli spostamenti generati dalla realizzazione della galleria.

L'ubicazione della strumentazione di monitoraggio prevista è riportata nello specifico elaborato grafico ("Planimetria e sezioni di monitoraggio").

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 4 di 21

Il monitoraggio previsto per l'opera in oggetto dovrà essere costituito dalla seguente strumentazione di controllo:

- mire ottiche solidali con le paratie per il controllo delle deformazioni;
- celle toroidali solidali con i tiranti per il controllo dello stato tensionale dei tiranti;
- celle di carico per il controllo del carico nei puntoni metallici;
- mire ottiche solidali con i fabbricati limitrofi al tracciato;
- mire ottiche installate a piano campagna per il controllo degli spostamenti limitrofi ai tratti autostradali interferenti nelle diverse fasi costruttive previste.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 5 di 21

2 SEZIONI TIPO DI MONITORAGGIO

Si distinguono tre differenti tipologie di sezioni tipo di monitoraggio in funzione della tratta tipologia strutturale da monitorare più una sezione tipo di monitoraggio specifica per le stazioni di pompaggio collocate in prossimità degli imbocchi della galleria artificiale.

2.1 Sezione tipo “A”

Tale sezione è da applicarsi per le tratte di rampa le cui paratie sono dimensionate a sbalzo, ovvero in parte della tratta TR02, in parte della tratta TR04 e nel tratto TR05. Nella seguente figura viene schematizzata la sezione tipo di monitoraggio in oggetto.

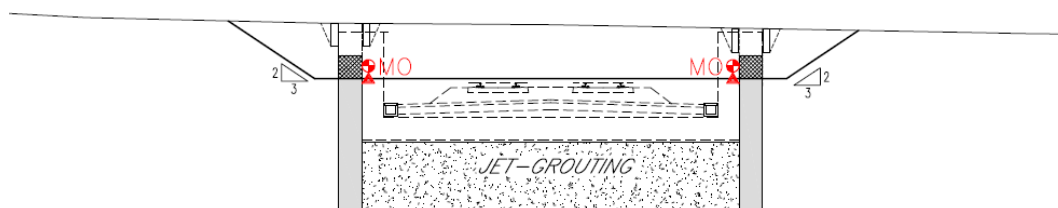


Figura 2-1: Sezione di monitoraggio TIPO “A”

Come evidenziato in Figura 2-1 nella sezione di monitoraggio tipo “A” è prevista l’installazione di 2 mire ottiche contrapposte solidali con la trave di testa delle paratie. La frequenza di installazione delle sezioni tipo “A” è pari a 1 sezione ogni 50m per uno sviluppo complessivo monitorato con tale tipologia di sezione pari a 400m (numero complessivo di sezioni tipo A pari a 8). Per dettagli relativi alla distribuzione della sezione tipo in oggetto si faccia riferimento all’elaborato grafico “Planimetria e sezioni di monitoraggio”.

2.2 Sezione tipo “B”

Tale sezione è da applicarsi per le tratte di rampa le cui paratie costituenti le rampe sono caratterizzate dalla presenza di tiranti di contrasto, ovvero in parte della tratta TR02, nel tratto TR03 ed in parte della tratta TR04.

Nella seguente figura viene schematizzata la sezione tipo di monitoraggio in oggetto.

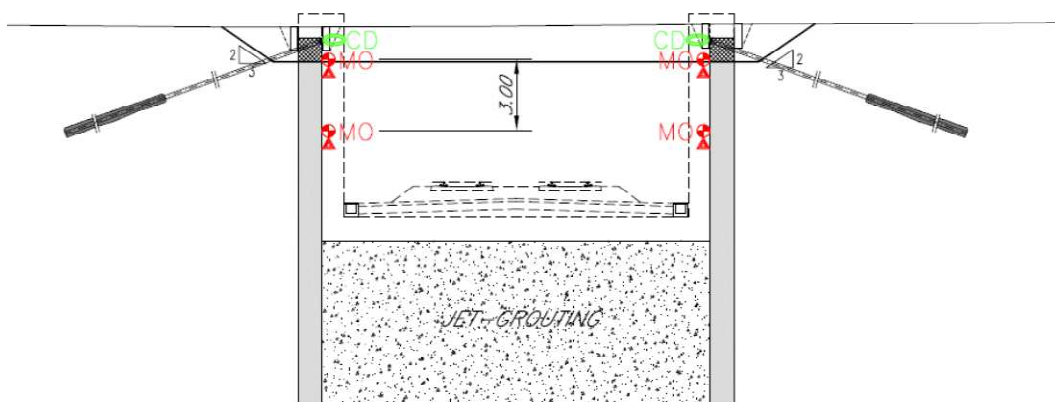


Figura 2-2: Sezione di monitoraggio TIPO “B”

Come evidenziato in Figura 2-2 nella sezione di monitoraggio tipo “B” è prevista l’installazione di:

- n.4 mire ottiche contrapposte a due a due (un primo livello solidale con la trave di testa delle paratie ed un secondo livello posto a metà dell’altezza di scavo);
- n. 2 celle dinamometriche toroidali per il controllo della tensione nei tiranti.

La frequenza di installazione delle sezioni tipo “B” è pari a 1 sezione ogni 50m per uno sviluppo complessivo monitorato con tale tipologia di sezione pari a 500m (numero complessivo di sezioni tipo “B” pari a 10). Per dettagli relativi alla distribuzione della sezione tipo in oggetto si faccia riferimento all’elaborato grafico “Planimetria e sezioni di monitoraggio”.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 7 di 21

2.3 Sezione tipo “C”

Tale sezione è da applicarsi per le tratte di galleria artificiale il cui scavo avviene dopo la realizzazione di una trave di contrasto a testa paratia, ovvero nelle tratte GA01A, GA01B, GA01C, GA01D, GA01E.

Nella seguente figura viene schematizzata la sezione tipo di monitoraggio in oggetto.

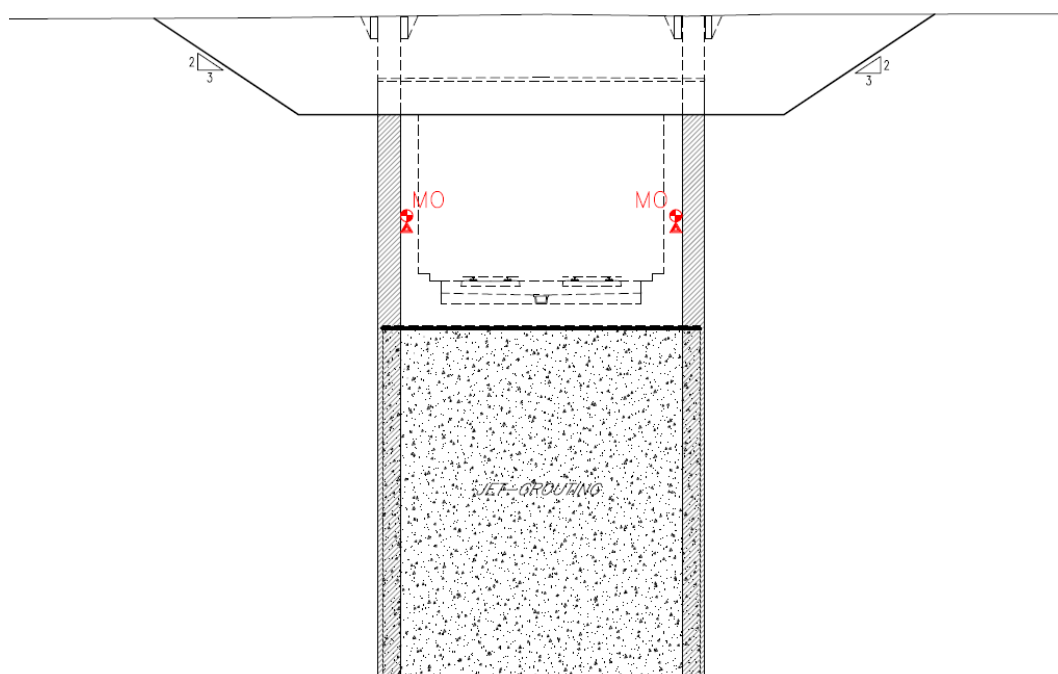


Figura 2-3: Sezione di monitoraggio TIPO “C”

Come evidenziato in Figura 2-3 nella sezione di monitoraggio tipo “C” è prevista l’installazione di:

- n.2 mire ottiche contrapposte posto a metà dell’altezza di scavo.

La frequenza di installazione delle sezioni tipo “C” è pari a 1 sezione ogni 50m per uno sviluppo complessivo monitorato con tale tipologia di sezione pari a 1900m (numero complessivo di sezioni tipo “C” pari a 38). Per dettagli relativi alla distribuzione della sezione tipo in oggetto si faccia riferimento all’elaborato grafico “Planimetria e sezioni di monitoraggio”.

2.4 Sezione tipo “Stazione di pompaggio”

Tale sezione è da applicarsi in corrispondenza degli imbocchi della galleria artificiale in corrispondenza delle stazioni di pompaggio.

Nella seguente figura viene schematizzata la sezione tipo di monitoraggio in oggetto.

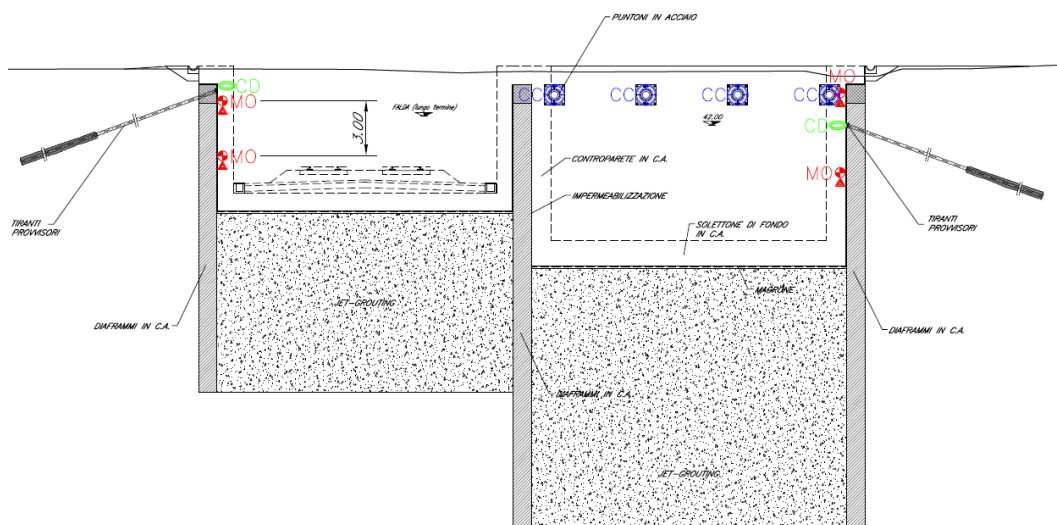


Figura 2-4: Sezione di monitoraggio TIPO “Stazione di pompaggio”

Come evidenziato in Figura 2-4 nella sezione di monitoraggio tipo “Stazione di pompaggio” è prevista l’installazione di:

- n.4 mire ottiche (un primo livello solidale con la trave di testa delle paratie ed un secondo livello posto a metà dell’altezza di scavo;
- n. 2 celle dinamometriche toroidali per il controllo della tensione nei tiranti;
- n. 4 coppie di celle di carico per il controllo delle pressioni sui puntoni di acciaio.

La sezione tipo in oggetto viene installata due volte in corrispondenza delle stazioni di pompaggio in prossimità dei due imbocchi della galleria artificiale.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 9 di 21

2.5 Frequenza di installazione

Nella seguente tabella si sintetizza la frequenza di installazione delle sezioni tipo di monitoraggio definite nei precedenti paragrafi:

Sezione tipo	n° sezioni	Tratte di applicazione	Strumenti impiegati per ciascuna sezione
A	8 (400m)	TR02, TR04, TR05	n. 2 mire ottiche
B	10 (500m)	TR02, TR03, TR04	n. 4 mire ottiche n. 2 celle di carico toroidali
C	38 (1900m)	GA01A, GA01B, GA01C, GA01D, GA01E	n. 2 mire ottiche
Stazione di pompaggio	2	TR03, TR04	n. 4 mire ottiche n. 2 celle di carico toroidali n. 8 celle di carico

Tabella 1: Frequenza di installazione

2.6 Frequenza di lettura

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata al momento dell'installazione (dopo il tempo minimo necessario per il fissaggio dei target);
- n.1 lettura al termine di ogni fase di scavo;
- frequenza di lettura settimanale durante le fasi di scavo e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura mensile in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 10 di 21

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle celle di carico toroidali sui tiranti può essere sintetizzato come segue:

- taratura e verifica dello strumento durante la fase di collaudo con le letture effettuate per ogni incremento di carico previsto (l'installazione della cella potrà inoltre fornire indicazioni sul corretto valore di pre-tiro da utilizzarsi nella fase di "incuneaggio");
- lettura di zero effettuata subito dopo l'esecuzione del pre-tiro del tirante;
- n.1 lettura al termine di ogni fase di scavo;
- frequenza di lettura settimanale eseguita durante le fasi di scavo e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura mensile in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle celle di carico per il monitoraggio dei puntoni può essere sintetizzato come segue:

- taratura e verifica dello strumento durante la fase di varo dei puntoni;
- lettura di zero effettuata subito dopo il varo dei puntoni metallici;
- n.1 lettura al termine di ogni fase di scavo;
- frequenza di lettura settimanale eseguita durante le fasi di scavo e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura mensile in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

La frequenza delle letture in corso d'opera definite in precedenza potranno subire variazioni in qualsiasi momento a seguito di eventuali anomalie o incrementi del comportamento deformativo delle opere o del raggiungimento dei limiti di progetto.

Si rimanda agli specifici elaborati grafici per i dettagli costruttivi e di posizionamento.

Si evidenzia che in caso di danneggiamento e/o rottura della strumentazione installata, si dovrà procedere all'immediato ripristino della stessa e dovrà essere effettuata una nuova "lettura di zero".

3 MONITORAGGIO DEI FABBRICATI

Per i fabbricati distanti almeno 50m dalle paratie, costituenti la galleria artificiale, andrà prevista l'installazione di mire ottiche solidali con i fabbricati stessi al fine di cogliere gli spostamenti tridimensionali dei punti monitorati.

Le mire ottiche saranno disposte sul perimetro del fabbricato ad un interasse indicativo pari a 10 m.

Lungo il tracciato si individuano n.3 fabbricati per i quali è previsto monitoraggio topografico:

- n. 1 fabbricato compreso tra le progressive 5+200 e 5+300 (GA01A), per il quale è prevista l'installazione di n. 8 mire ottiche;
- n. 2 fabbricati in corrispondenza della progressiva 5+700 (GA01B), per i quali è prevista l'installazione di n. 4 mire ciascuno.

Nelle seguenti figure è rappresentata l'ubicazione delle mire ottiche per i fabbricati sopra indicati.

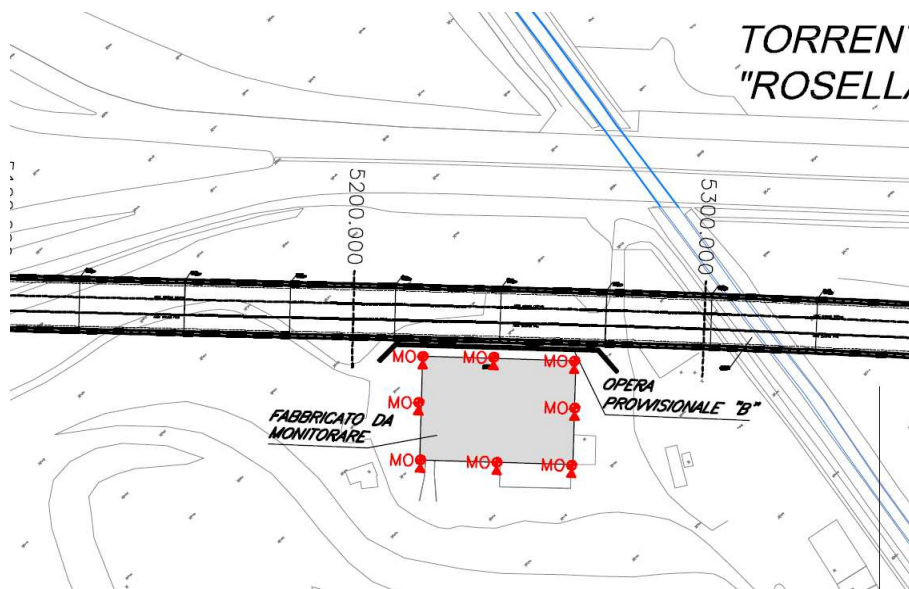


Figura 3-1: Monitoraggio topografico fabbricato progressiva 5+250

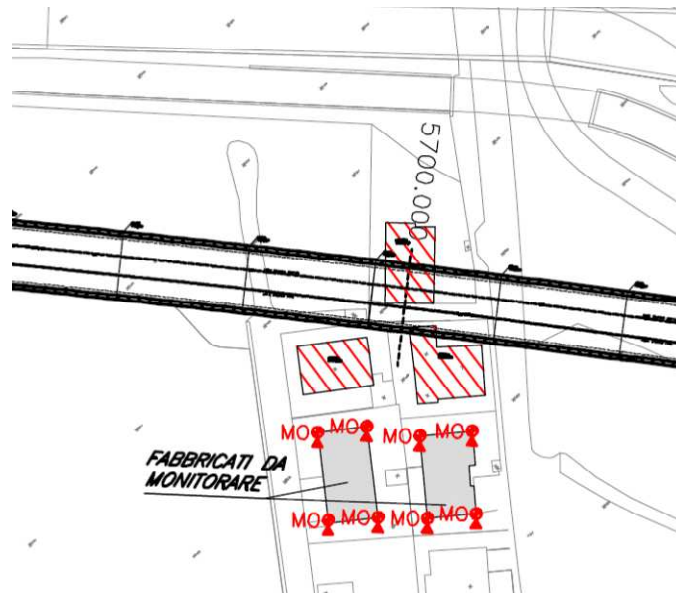


Figura 3-2: Monitoraggio topografico fabbricato progressiva 5+700

Il numero e la posizione delle mire ubicate sugli edifici esistenti è indicativo e dovrà essere verificato direttamente in sito in accordo con le caratteristiche strutturali degli edifici stessi (ad esempio prevedendo raddoppi delle mire ottiche in corrispondenza di giunti strutturali o prevedendo una mira ottica in corrispondenza di ogni elemento strutturale significativo).

3.1 Frequenze di lettura

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche solidali con i fabbricati può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata subito l'installazione delle mire ottiche (che deve avvenire ad una distanza maggiore di 50 m dall'esecuzione del jet grouting);
- frequenza di lettura giornaliera per una distanza dall'esecuzione del jet grouting e del fronte di scavo compresa tra -20m e +20m e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura settimanale per una distanza dall'esecuzione del jet grouting e del fronte di scavo fino a -50m e +50m e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 13 di 21

- frequenza di lettura mensile per distanze maggiori di 50 m dall'esecuzione del jet grouting e/o dal fronte di scavo della galleria, in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

La frequenza delle letture in corso d'opera definite in precedenza potranno subire variazioni in qualsiasi momento a seguito di eventuali anomalie o incrementi del comportamento deformativo delle opere o del raggiungimento dei limiti di progetto.

Si rimanda agli specifici elaborati grafici per i dettagli costruttivi e di posizionamento.

Si evidenzia che in caso di danneggiamento e/o rottura della strumentazione installata, si dovrà procedere all'immediato ripristino della stessa e dovrà essere effettuata una nuova "lettura di zero".

4 MONITORAGGIO DELLA VIABILITÀ ESISTENTE

È previsto il monitoraggio degli spostamenti piano campagna in corrispondenza del sottoattraversamento dell'autostrada e della tangenziale mediante mire ottiche.

L'installazione e l'esecuzione delle misure delle mire ottiche installate a piano campagna, in corrispondenza dell'autostrada e della tangenziale, avverrà coerentemente con le fasi di deviazione temporanea dei tracciati, in funzione della disponibilità delle aree; si faccia riferimento agli specifici elaborati per il dettaglio delle fasi realizzative previste.

Tale monitoraggio sarà composto da un minimo di n.2 sezioni di mire ottiche poste ai cigli della sede autostradale, composte da mire ottiche installate ad interasse trasversale pari a 5 m, a coprire un'estensione pari a 50m.

Per l'autostrada andranno previste n. 2 sezioni trasversali per ciascuna delle 3 fasi costruttive (totale n. 60 mire ottiche).

Per la tangenziale andranno previste n. 2 sezioni trasversali per ciascuna delle 2 fasi realizzative (totale 40 mire ottiche).

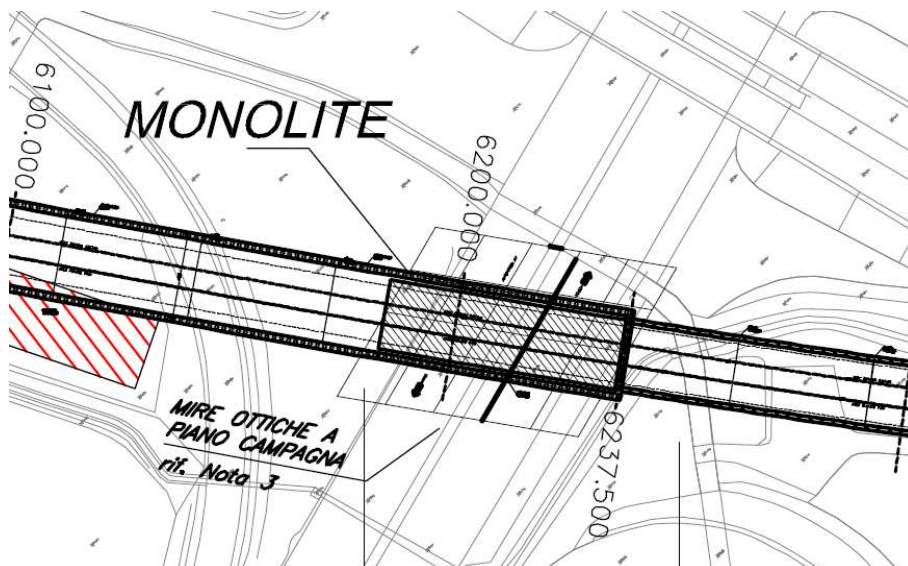


Figura 4-1: Area di monitoraggio del sottoattraversamento dell'autostrada

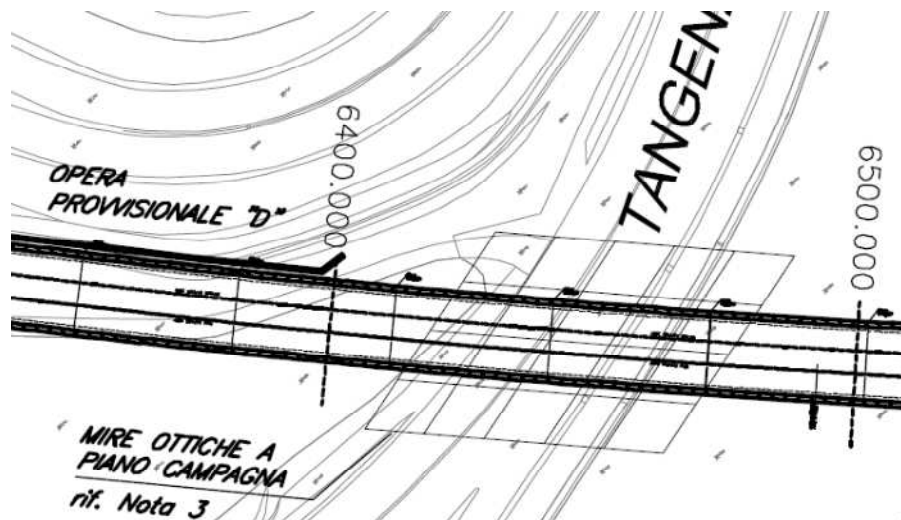


Figura 4-2: Area di monitoraggio del sottoattraversamento della tangenziale

Le mire ottiche poste a piano campagna dovranno essere solidali ad una barra in acciaio annegata in cubetti di calcestruzzo (aventi 0.5m per lato) realizzati a piano campagna.

4.1 Frequenze di lettura

Il piano di monitoraggio previsto per la lettura delle mire ottiche a piano campagna per il monitoraggio degli spostamenti della viabilità esistente, può essere sintetizzato come segue:

- lettura di zero effettuata subito l'installazione delle mire ottiche (che deve avvenire ad una distanza maggiore di 50 m dall'esecuzione del jet grouting);
- frequenza di lettura giornaliera per una distanza dall'esecuzione del jet grouting e del fronte di scavo compresa tra -20m e +20m e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura settimanale per una distanza dall'esecuzione del jet grouting e del fronte di scavo fino a -50m e +50m e comunque fino a stabilizzazione dei fenomeni deformativi;
- frequenza di lettura mensile per distanze maggiori di 50 m dall'esecuzione del jet grouting e/o dal fronte di scavo della galleria, in fase di fermo o al raggiungimento del fondo dello scavo in caso di stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 16 di 21

La frequenza delle letture in corso d'opera definite in precedenza potranno subire variazioni in qualsiasi momento a seguito di eventuali anomalie o incrementi del comportamento deformativo o del raggiungimento dei limiti di progetto.

Si rimanda agli specifici elaborati grafici per i dettagli costruttivi e di posizionamento.

Si evidenzia che in caso di danneggiamento e/o rottura della strumentazione installata, si dovrà procedere all'immediato ripristino della stessa e dovrà essere effettuata una nuova "lettura di zero".

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 17 di 21

5 METODO OSSERVAZIONALE DURANTE LE FASI DI SCAVO

Il tampone di fondo della galleria artificiale “S. Martino” è stato dimensionato prevedendo, in fase di avanzamento degli scavi, l'applicazione dell'approccio osservazionale: in funzione dei livelli di falda osservati in avanzamento verranno applicate differenti fasi di scavo, in modo da garantire in qualsiasi condizione idraulica, l'equilibrio limite al sollevamento; i principali criteri che governano tale metodo sono descritti nel seguito.

Si definiscono i seguenti livelli di falda:

1. quota della falda di riferimento: pari alla falda “misurata” incrementata di 0,5 m, è la quota di falda utilizzata per il dimensionamento del tampone di fondo;
2. quota di falda massima possibile al momento dei lavori: con riferimento a quanto contenuto nella relazione idrogeologica di progetto, tale falda è pari alla falda “misurata” incrementata di 4,0 m;
3. quota di falda a lungo termine: pari alla falda “misurata” incrementata di 4,5 m; essa non è dimensionante per il tampone di fondo.

Per quanto sopra descritto le condizioni di progetto ammettono quindi livelli di falda superiori a quelli presi come riferimento per il dimensionamento del tampone di fondo. Per l'applicazione di tale sistema risulta fondamentale l'attivazione di un sistema di monitoraggio della falda esteso e che consenta una frequenza di misura compatibile con la velocità di avanzamento dello scavo (per tale ragione si prevede l'utilizzo di piezometri tipo Casagrande a lettura automatizzata remotizzabili). L'ubicazione dei piezometri dovrà essere sufficiente a garantire:

- *il monitoraggio locale* a monte delle paratie della galleria artificiale (da entrambi i lati), mediante l'installazione di un piezometro per ciascuna tratta di scavo omogenea ed in ogni caso con frequenza minima di installazione pari ad un piezometro ogni 100 m e lunghezza dei tubi piezometrici pari alla lunghezza dei diaframmi corrispondenti;
- *il monitoraggio esteso* ai punti di controllo disponibili nella Provincia di Verona, mediante l'eventuale installazione di piezometri automatizzati all'interno dei medesimi punti di controllo utilizzati in fase di progetto.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 18 di 21

Le fasi di lavoro prevedono uno scavo generalizzato fino a +3 m dal fondo scavo ed il successivo ribasso per campioni di estensione indicativa pari a 20 m.

La quota di scavo a +3.0 m da fondo scavo garantisce l'equilibrio con la sottospinta idraulica anche nelle condizioni di "quota di falda massima possibile al momento dei lavori" (ovvero +4.0 m dalla falda misurata). Lo scavo di ribasso potrà riprendere quando il sistema di monitoraggio indicherà con buona frequenza livelli non superiori a +0.5 m dalla falda misurata.

Attraverso tale sistema di monitoraggio sarà possibile verificare le condizioni della falda durante le attività di scavo di ribasso all'interno delle paratie; si prevedono i seguenti scenari:

1. falda misurata inferiore o uguale alla falda di progetto: si potrà procedere con lo scavo come da progetto (per conci di lunghezza massima pari a 20 m a partire da quota +3 m dal fondo scavo) fino al raggiungimento del fondo scavo;
2. falda misurata superiore alla falda di riferimento: la quota del piano di scavo dovrà fermarsi a +3m dal fondo scavo fino a quando la quota del livello piezometrico non ritorni ad un livello inferiore a quello di riferimento (per un periodo sufficientemente lungo da accertarne la stabilizzazione).

La frequenza di lettura dei piezometri automatizzati potrà essere impostata come segue:

- frequenza oraria, durante le fasi di scavo e alla luce di variazioni giornaliere di falda ≥ 30 cm;
- frequenza giornaliera durante le fasi di fermo scavo ed oscillazioni giornaliere della quota di falda < 30 cm;
- frequenza settimanale dopo la fine della fase di scavo e dopo un periodo di stabilizzazione della quota di falda pari ad una settimana.

Le frequenze di installazione e di lettura della strumentazione indicata potrà essere modificata in funzione dell'accessibilità delle aree e degli andamento dei dati raccolti in avanzamento.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 19 di 21

6 VERIFICA DELLA PERMEABILITÀ RESIDUA DEL TAMPONE DI FONDO

Il contesto geotecnico in cui viene realizzato il tampone di fondo della galleria artificiale in oggetto, data la natura non coesiva del terreno trattato mediante jet grouting, dovrebbe garantire una buona riuscita dello stesso sia in termini di resistenza che in termini di continuità offrendo quindi una adeguata tenuta idraulica.

Nonostante tale premessa, al fine di verificare la permeabilità residua del terreno trattato con jet grouting per la formazione del tampone di fondo, sarà necessario, prima dell'inizio degli scavi, eseguire delle specifiche prove.

Si é esclusa la possibilità di eseguire, all'interno del "tampone", prove tipo Lefranc in quanto, nel caso specifico, tale metodologia presenta i seguenti principali limiti:

1. fornisce esclusivamente indicazioni puntuali sulla permeabilità del terreno nell'intorno della zona indagata;
2. la misura di permeabilità ottenuta direttamente dalla prova é relativa alla direzione orizzontale, mentre la tematica qui di interesse richiederebbe, invece, informazioni sulla permeabilità verticale (che nel caso di prova Lefranc può essere stimata solo attraverso formule di letteratura);
3. non offre indicazioni relativamente alla della tenuta idraulica dei giunti verticali delle pareti e dell'interfaccia tampone-paratie;
4. un elevato numero di prove tipo Lefranc all'interno del "tampone" causano necessariamente un indebolimento dello stesso legato alle numerose perforazioni necessarie per lo svolgimento delle prove;
5. la prova Lefranc non consente di ottenere risultati affidabili nella misura di permeabilità in materiali a bassa conducibilità idraulica quali i trattamenti colonnari in oggetto; infatti la prova condotta a carico variabile o costante comporta la misura di variazioni del livello d'acqua o di portate molto piccole nel tempo e quindi di difficile misura.

La presente proposta progettuale invece prevede l'esecuzione di prove di pompaggio eseguite in settori parzializzati dell'area da trattare.

La prova di pompaggio consente di investigare l'intero trattamento, garantendo la verifica dell'effettiva efficacia del "tampone" e della tenuta idraulica dei giunti delle pareti verticali e dell'interfaccia tampone-paratie.

Le prove di pompaggio saranno effettuate all'interno di ciascuna area idraulicamente compartimentata, di estensione indicativa pari a 100 m, come schematicamente indicato nella seguente figura.

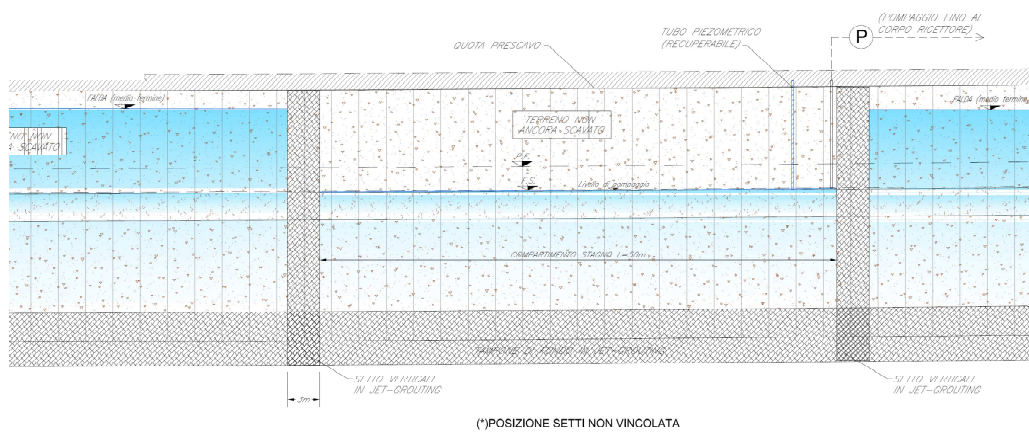


Figura 6-1: Profilo tipologico dei compartimenti stagni

Ciascun compartimento risulta confinato longitudinalmente dalle paratie, trasversalmente dai setti di compartimentazione e inferiormente dal "tampone".

Per ciascuna prova di pompaggio si prevede la realizzazione di un pozzo e di due piezometri a tubo aperto a partire da piano lavoro fino a 50cm sopra la quota di testa del tampone.

Le prove idrauliche verranno realizzate a portata variabile a gradini a partire da piccole portate, controllando il comportamento dei livelli d'acqua nel pozzo e nei piezometri.

Se il livello dinamico nel pozzo si stabilizzasse o scendesse molto lentamente (filtrazione di acqua dal fondo e dalle pareti) la portata verrà aumentata.

Se invece tale livello non si stabilizzasse e scendesse regolarmente, si dovrà continuare ad emungere acqua con portata costante.

Durante l'esecuzione della prova di pompaggio si misureranno le portate emunte e gli abbassamenti dei livelli d'acqua nel pozzo e nei piezometri. Le misure dei livelli nel

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE PIANO DEL MONITORAGGIO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHGA010X002B	Pag. 21 di 21

pozzo e nei piezometri verranno proseguite anche a seguito dello spegnimento della pompa per la verifica dei tempi per il ripristino del livello statico della falda all'interno dell'area di prova.

Sulla base dei risultati ottenuti si valuterà come proseguire con i controlli.

In caso di esito negativo della prova di pompaggio (filtrazione di acqua dal fondo e/o dalle pareti), potrà essere eseguito un ulteriore controllo del "tampone" di fondo tramite la ripetizione della prova di pompaggio con associate misurazioni termometriche del terreno al fine di localizzare le eventuali zone di debolezza dello stesso.

Le misure termometriche del terreno, si basano sul principio che durante il trattamento jet, il calore rilasciato in fase di idratazione del cemento, provoca un aumento delle temperature del terreno nelle zone intorno agli elementi sigillanti. La combinazione di una bassa trasmissione del calore e di un'elevata capacità termica, sia nel terreno che nei materiali da costruzione, provoca solo un lieve calo di tale incremento termico. Tuttavia, se in fase di emungimento, l'acqua penetra da un varco nel sistema parete-tampone, questo modifica il profilo termico del terreno intorno all'area interessata.

Perciò la temperatura del terreno si "adequa" alla temperatura dell'acqua affluente per via della trasmissione termica dell'acqua che scorre. La zona raffreddata si estende da quella direttamente interessata dalla filtrazione e, dopo poco, quella nelle immediate vicinanze, per mezzo della trasmissione del calore di conduzione. Quindi il rilevamento della temperatura nell'area compartimentata (dove è stato realizzato il tampone) permette di determinare l'ubicazione di eventuali perdite del sistema, attraverso specifiche elaborazioni numeriche e restituzione tomografiche dei risultati di prova.

Attraverso tale procedura sarà quindi possibile individuare con precisione eventuali zone di debolezza e procedere quindi con interventi integrativi mirati.

Considerate le dimensioni medie delle aree idraulicamente compartimentate (~100mx22m), si prevede l'utilizzo n. 4 allineamenti costituiti da 8+9 sonde ciascuna (totale 32+36 sonde).