

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA ROMA – PESCARA

RADDOPPIO FERROVIARIO TRATTA CHIETI – INTERPORTO D'ABRUZZO
(LOTTO 3)

GEOTECNICA

Monitoraggio rilevati ferroviari - Relazione tecnico-descrittiva

SCALA:

-

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

I A 6 F 0 3 D 2 9 R O G E 0 0 0 6 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	E. Lombardo	28.05.2019	L. Eboli	29.05.2019	T. Paoletti	30.05.2019	Arduini	30.05.2019
								ITAFERR S.p.A.	
								Direzione Tecnica	
								Infrastrutture Centro	
								Doc. Ing. Fabrizio Arduini	
								Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma	
								n. 18902 del 14/05/2019	

File: IA6F03D29ROGE0006001A

n. Elab.: 4-7

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	5
3. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO	6
3.1 SCOPO.....	6
3.2 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI INSTALLAZIONE	6
3.3 FREQUENZA DEI RILEVAMENTI.....	6
3.4 MODALITÀ DI MISURA	7
3.5 RESTITUZIONE DATI	7
3.6 VALORI DI RIFERIMENTO STANDARD PER LA QUALITÀ GEOMETRICA DEL BINARIO.....	7
3.7 VALORI DI RIFERIMENTO DA CALCOLO PER I CEDIMENTI ATTESI DEI BINARI PARI E DISPARI.....	9
4. SEZIONI DI MONITORAGGIO	10
4.1 SEZIONE DI MONITORAGGIO TIPO 1	10
4.2 SEZIONE DI MONITORAGGIO TIPO 2	11
4.3 SEZIONE DI MONITORAGGIO TIPO 3	11
4.4 SEZIONE DI MONITORAGGIO TIPO 4	12
4.5 SEZIONE DI MONITORAGGIO TIPO 5	12

1. PREMESSA

La presente relazione ha la finalità di descrivere le attività relative al monitoraggio geotecnico per la realizzazione delle opere inerenti il PROGETTO DI FATTIBILITA’ TECNICA ECONOMICA della “*Velocizzazione della Linea Roma-Pescara – Raddoppio ferroviario tratta Chieti – Interporto d’Abruzzo (Lotto 3)*”.

Il monitoraggio geotecnico è finalizzato al controllo delle condizioni di sicurezza di alcune opere o tratti di linea ed alla verifica delle stime effettuate in fase di progettazione in termini di cedimenti attesi (residui e totali) e riguarda:

- i tratti del tracciato in rilevato, per i quali risulta importante tenere sotto controllo i cedimenti del terreno indotti dalla realizzazione dell’opera. Per questi tratti si prevede di verificare il comportamento deformativo sia in senso trasversale che in senso longitudinale predisponendo opportuna strumentazione che permetta di monitorare i cedimenti del rilevato e gli spostamenti indotti sulla piattaforma ferroviaria per il periodo realizzativo del raddoppio di linea. In particolare è previsto di monitorare:
 - spostamenti del binario esistente (durante la Fase 1);
 - spostamenti del nuovo binario in affiancamento (una volta entrato in esercizio);
 - spostamenti del nuovo doppio binario (durante il primo anno di esercizio).
- i tratti del tracciato in trincea adiacenti a scarpate stradali che potrebbero indurre cedimenti nell’area di pertinenza della piattaforma ferroviaria. Si prevede di installare opportuna strumentazione (mire topografiche) in sommità alla scarpata destra e sinistra della trincea dedicata al controllo degli eventuali spostamenti.

Il monitoraggio viene eseguito in alcune sezioni di riferimento, collocate nelle aree più critiche, in termini di altezza dei rilevati, o in termini di caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, ed in punti fisicamente accessibili.

In relazione alla singola sezione trasversale strumentata, sarà possibile monitorare modifiche del livello trasversale e verificare il rispetto dei valori limite (qualità geometrica del binario). La misura

associata a tale monitoraggio in senso longitudinale rispetto alla sezione di riferimento consentiranno invece una verifica geometrica rispetto ai limiti consentiti per lo sghembo.

La strumentazione di monitoraggio che verrà impiegata comprende:

- assestimetri a piastra e multipunto;
- capisaldi topografici;
- piezometri.

Tutti gli strumenti saranno installati e resi efficienti durante la fase di costruzione dell'opera ferroviaria.

Le misure verranno conseguentemente impiegate dalla Direzione Lavori per le necessarie valutazioni.

2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

Si riporta di seguito l’elenco delle normative a cui si è fatto riferimento per la stesura della presente relazione:

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018.
- [2] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale”.
- [3] Norme UNI ENV 1991, UNI ENV 1992, UNI EN 1993, UNI EN 1997 e UNI EN 1998.
- [4] D.G.R. Lazio n. 545 del 26 Novembre 2010 - Linee Guida per l’utilizzo degli indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla DGR Lazio n. 387 del 22/05/2009.
- [5] Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 Km/h” (doc. TCAR STAR 01001C del 28/06/2007).

3. MISURA DEGLI SPOSTAMENTI DEL TERRENO

3.1 Scopo

La misura degli spostamenti del terreno ha lo scopo di monitorare, attraverso l'installazione di apposita strumentazione, i cedimenti che si sviluppano nel tempo a seguito della costruzione del rilevato ferroviario. Nota la quota iniziale prima dell'inizio della costruzione con misure di livellazione successive si valuterà per differenza l'abbassamento progressivo dovuto ai riporti.

Tutte le misure dovranno essere riferite a capisaldi fissi esterni all'area di influenza del rilevato.

3.2 Descrizione della strumentazione e modalità di installazione

La strumentazione da porre in opera per il monitoraggio dei cedimenti del terreno sarà costituita da:

- assestimetri a piastra e multipunto;
- capisaldi topografici;
- piezometri.

Gli strumenti saranno disposti secondo una maglia regolare su una serie di sezioni di monitoraggio. La maglia sarà realizzata in maniera da potere verificare sia i cedimenti nella direzione trasversale che quelli nella direzione longitudinale (ovvero lungo l'asse del binario). Per questi ultimi saranno di particolare interesse le aree di transizione tra zone con differente rigidità di fondo.

Contestualmente all'installazione della strumentazione verranno eseguite le necessarie livellazioni topografiche di precisione per la lettura di zero.

3.3 Frequenza dei rilevamenti

Le letture sugli strumenti avranno inizio al completamento dei rilevati nelle tratte oggetto di monitoraggio.

Dovrà essere effettuata una serie di almeno 4 letture di zero per ogni strumento, la cui media fungerà da riscontro per le misure successive.

Le misure andranno eseguite con cadenza mensile per i primi 12 mesi dal completamento della costruzione dei rilevati oggetto di monitoraggio, e con cadenza trimestrale per i 2 anni successivi. In seguito alla rilevazione di fenomeni anomali si aumenterà opportunamente la frequenza di lettura della strumentazione

3.4 Modalità di misura

Le misure sui capisaldi verranno effettuate mediante strumentazione topografica: stazione totale e livella elettronica.

Le misure degli assestimetri multipunto verranno effettuate tramite apposita sonda magnetica.

La strumentazione da adottare dovrà garantire una precisione di misura < 1 mm.

3.5 Restituzione dati

L’elaborazione delle misure deve fornire le seguenti informazioni (in termini sia di diagrammi che di tabulati numerici):

- posizione in quota di tutti i punti di misura;
- variazione della quota altimetrica di tutti i punti di misura;
- differenza reciproca della quota altimetrica per tutti i punti di misura lungo un allineamento.

3.6 Valori di riferimento standard per la qualità geometrica del binario

Nella normativa “Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 Km/h” (doc. TCAR STAR 01001C del 28/06/2007) sono riportati i valori dei cedimenti ammissibili che definiscono qualità geometrica del binario.

Il monitoraggio dovrà verificare che sia assicurato il rispetto del 2° livello di qualità geometrica.

I valori limite per la qualità geometrica del binario sono riportati nelle tabelle seguenti.

	V ≤ 80 km/h	80 < V ≤ 120 km/h	120 < V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 200 km/h	200 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	L ≤ 12,0	L ≤ 8,0	L ≤ 6,0	L ≤ 5,0	L ≤ 4,0
2° livello di qualità	12,0 < L ≤ 16,0	8,0 < L ≤ 12,0	6,0 < L ≤ 10,0	5,0 < L ≤ 9,0	4,0 < L ≤ 8,0
3° livello di qualità esecuzione a breve termine (1)	16,0 < L ≤ 20,8	12,0 < L ≤ 15,6	10,0 < L ≤ 14,5	9,0 < L ≤ 14,0	8,0 < L ≤ 10,4

(1) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.

Tabella 3.1 – Livello longitudinale (mm)

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 6	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 4
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < \text{SCARTXL} \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < \text{SCARTXL} \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in rela- zione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < \text{SCARTXL} \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < \text{SCARTXL} \leq 12$

(1) il valore di ΔH può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.)
(2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.

Tabella 3.2 – Livello trasversale (mm)

	V ≤ 200 km/h	
	γ base 3 m	γ base 9 m
1° livello di qualità	$\gamma_{3m} < 4,5$	$\gamma_{9m} < 3,5$
2° livello di qualità	$4,5 \leq \gamma_{3m} < 5,8$	$3,5 \leq \gamma_{9m} < 4$
3° livello di qualità intervento entro 48 ore (1)	$5,8 \leq \gamma_{3m} < 6,5$	$4 \leq \gamma_{9m} < 4,5$

(1) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.
ATTENZIONE ai deviatori inseriti in curva

Tabella 3.3 – Sghembo (‰)

Dove:

- il livello longitudinale L indica la misura, espressa in mm, della deviazione nella direzione verticale della tavola di rotolamento di ciascuna rotaia rispetto alla posizione media verticale; si fa riferimento ad un campo di lunghezza d’onda $3\text{ m} \leq \lambda \leq 25\text{ m}$;
- il livello trasversale XL è la misura espressa in mm della differenza in altezza tra le due tavole di rotolamento adiacenti;
- il difetto di sopraelevazione ΔH indica la misura, espressa in mm, del modulo della differenza tra il livello trasversale XL e la sopraelevazione di progetto h;
- lo sghembo è l’inclinazione espressa in ‰ relativa di una fila di rotaia rispetto all’altra, calcolata come rapporto tra la differenza di livello trasversale XL fra due sezioni di binario poste a una distanza data, che è la base di misura dello sghembo, e la base stessa.

3.7 Valori di riferimento da calcolo per i cedimenti attesi dei binari pari e dispari

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei cedimenti attesi, così come calcolati dalle valutazioni di progetto, che fungono da riferimento per le misure che verranno effettuate durante la costruzione e la vita della linea.

Valori calcolati dei cedimenti massimi attesi da utilizzarsi quali riferimento per le sezioni strumentate.

Calcolo dei cedimenti						
Stima cedimento* a t = 2 anni	Stima cedimento** a t = 2 anni	Stima cedimento** a t = 3+75anni	Stima cedimento** a t >= 2 anni	Stima cedimento*** a t = 3 anni	Stima cedimento*** a t = 3+75anni	Stima cedimento*** a t >= 3 anni
assoluto	assoluto	assoluto	residuo	assoluto	assoluto	residuo
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
6.7	11.2	12	0.8	8.2	8.6	0.4

4. SEZIONI DI MONITORAGGIO

In funzione delle caratteristiche del tracciato sono state previste 4 sezioni di monitoraggio.

4.1 Sezione di monitoraggio tipo 1

La sezione di monitoraggio tipo 1 è finalizzata alla misura dei cedimenti dei rilevati nelle aree dove si ha un rilevato alto, realizzato in affiancamento, in presenza di muri.

Per questa sezione si prevede l’installazione di strumentazione dedicata a seconda delle fasi di lavoro, tenendo conto del fatto che trattandosi di un rilevato realizzato in affiancamento sarà necessario anche monitorare la sede ferroviaria esistente (durante la Fase 1) che poi verrà smantellata (nella Fase 2).

Il monitoraggio di Fase 1 prevede l’installazione di:

- n° 2 capisaldi topografici su supporti infissi nel terreno per monitorare la sede ferroviaria esistente (che verranno dismessi al termine della Fase 1);
- n° 1 caposaldo topografico sulla testa dell’assestometro;
- n° 1 caposaldo topografico di uguale caratteristica a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive crescenti;
- n° 1 caposaldo topografico di uguale caratteristica a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive decrescenti.

Il monitoraggio di Fase 2 prevede l’installazione di:

- n° 2 capisaldi topografici sulla testa degli assestimetri (di cui uno installato in Fase 1 e uno installato in Fase 2);
- n° 2 capisaldi topografici di uguale caratteristica a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive crescenti (di cui uno installato in Fase 1 uno installato in Fase 2);
- n° 2 capisaldi topografici di uguale caratteristica a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive decrescenti (di cui uno installato in Fase 1 uno installato in Fase 2).

La sezione di monitoraggio verrà installata indicativamente alle progressive seguenti:

- Sezione 1-1: progressiva 15+220

4.2 Sezione di monitoraggio tipo 2

La sezione di monitoraggio tipo 2 è finalizzata alla misura dei cedimenti dei rilevati più alti, e prevede l'installazione di:

- n° 2 capisaldi topografici su supporti infissi nel terreno per monitorare la sede ferroviaria esistente (che verranno dismessi al termine della Fase 1);
- n° 2 assestimetri a piastra (di cui uno installato in Fase 1 e uno installato in Fase 2);
- n° 2 assestimetri multipunto (di cui uno installato in Fase 1 e uno installato in Fase 2);
- n° 4 capisaldi topografici sulla testa degli assestimetri (di cui due installati in Fase 1 e due installati in Fase 2);
- n° 4 capisaldi topografici a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive crescenti (di cui due installati in Fase 1 e due installati in Fase 2);
- n° 4 capisaldi topografici a 9 metri di distanza nella direzione delle progressive decrescenti (di cui due installati in Fase 1 e due installati in Fase 2).

Si segnala che analogamente a quanto indicato per la Sezione tipo 1 anche per questa sezione si prevederà un monitoraggio della sede ferroviaria esistente (capisaldi topografici) durante le lavorazioni in affiancamento di Fase 1.

La sezione di monitoraggio verrà installata indicativamente alle progressive seguenti:

- Sezione 2-1: 15+280

4.3 Sezione di monitoraggio tipo 3

La sezione di monitoraggio tipo 3 è finalizzata alla misura dei cedimenti dei rilevati più bassi, e prevede l'installazione di:

- n° 2 assestimetri a piastra
- n° 2 capisaldi topografici sulla testa degli assestimetri.

La sezione di monitoraggio verrà installata indicativamente alle progressive seguenti:

- Sezione 3-1: progressiva 15+700

4.4 Sezione di monitoraggio tipo 4

La sezione di monitoraggio tipo 4 è finalizzata alla misura dei cedimenti della trincea e prevede l'installazione di:

- n° 2 capisaldi topografici su supporti infissi nel terreno in sommità della scarpata destra e sinistra della trincea.

La sezione di monitoraggio verrà installata indicativamente alle progressive seguenti:

- Sezione 4-1: 15+440

4.5 Sezione di monitoraggio tipo 5

La sezione di monitoraggio tipo 5 è finalizzata alla misura del livello di falda in prossimità dell'opera di attraversamento in sottopasso, VI32, della linea ferroviaria e prevede l'installazione di:

- n° 1 piezometro (PIEZ) alla pk 12+940 della linea ferroviaria.

La sezione di monitoraggio verrà installata in prossimità dell'opera VI32 nei pressi del nuovo impianto di sollevamento come da schema riportato in Figura 1.



Figura 2 - Schema monitoraggio piezometrico VI32