

**MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI  
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**




**COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO  
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA  
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**


<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		 <b>INFRASTRUTTURE per la mobilità</b>											<b>INFRATRASPORTI S.r.l.</b>	
<b>DIRETTORE PROGETTAZIONE</b> Responsabile integrazione discipline specialistiche	<b>IL PROGETTISTA</b>													
<b>Ing. R. Crova</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	<b>Ing. F. Rizzo</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K	<b>SUBSIDENZE, PRESIDIO E MONITORAGGI</b>  <b>MONITORAGGIO</b>  <b>RELAZIONE TECNICA</b>												
		<b>ELABORATO</b>							<b>REV.</b>		<b>SCALA</b>	<b>DATA</b>		
		Int.	Est.											
<b>BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi</b>		<b>MT</b>	<b>L2</b>	<b>T1</b>	<b>A1</b>	<b>D</b>	<b>PRC</b>	<b>G00</b>	<b>R</b>	<b>002</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>30/11/2022</b>

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	15/03/22	TUN	PDM	FRI	CROVA
1	Emissione finale a seguito di verifica preventiva	30/11/22	GQU	PDM	F. Rizzo	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>PRCG00R002</td> </tr> </table>						LOTTO 1	CARTELLA	10	1	MTL2T1A1D	PRCG00R002	<b>STAZIONE APPALTANTE</b>  DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio  RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro						
LOTTO 1	CARTELLA	10	1	MTL2T1A1D	PRCG00R002													

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX


<b>1.</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CHIAVE</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>PRINCIPI GENERALI</b>	<b>9</b>
<b>5.2</b>	<b>STRUMENTAZIONE GALLERIA SCAVATA METODI TRADIZIONALI</b>	<b>9</b>
<b>6.</b>	<b>MONITORAGGIO DEI POZZI DI INTERTRATTA</b>	<b>11</b>
<b>7.</b>	<b>MONITORAGGIO DELLE STAZIONI</b>	<b>11</b>
<b>8.</b>	<b>MONITORAGGIO EDIFICI E MANUFATTI ESISTENTI</b>	<b>12</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>13</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della linea 2 – Lotto funzionale 1 – Rebaudengo - Bologna	4
Figura 2.	Diagramma di flusso relativo alla metodologia di progettazione flessibile	6

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	Frequenza letture di monitoraggio	10
-----------	-----------------------------------	----

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

## 1. INQUADRAMENTO GENERALE

### 1.1 Scopo e campo di applicazione

La presente relazione tecnica si inserisce nell'ambito dell'affidamento dei servizi di ingegneria relativi alla Progettazione Definitiva della Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana, disciplinato dal Contratto tra la Città di Torino e la società Infratrasporti.TO s.r.l., ed ha per oggetto l'analisi delle subsidenze indotte dalle opere di linea (gallerie scavate in modo tradizionale e gallerie artificiali, stazioni e pozzi) e l'impatto che queste possono avere sulle pre-esistenze.

Il 1° lotto funzionale della Linea 2 della Metropolitana di Torino, incluso tra le stazioni Rebaudengo e Bologna, si colloca interamente nel territorio comunale di Torino, presenta una lunghezza di circa 4.0 km, e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, proseguendo poi lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione. Il tracciato, a partire dalla fermata Corelli passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell'area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi e Bologna e finisce con il Pozzo Novara.

Il 1° lotto funzionale è costituito dalle seguenti opere:

- 6 stazioni sotterranee;
- 6 pozzi intertratti aventi funzione di ventilazione, uscita di emergenza ed accesso dei soccorsi;
- La galleria di linea costituita da:
  - o Un tratto in galleria naturale realizzato con scavo tradizionale per una lunghezza di 277m circa, che va dal manufatto di retrostazione Rebaudengo alla Stazione Rebaudengo e prosegue oltre fino a sottopassare via Toscanini per ulteriori 293m circa;
  - o Un tratto in galleria artificiale in Cut&Cover ad uno o due livelli, per una lunghezza complessiva di circa 3,0 km che, partendo da via Toscanini collega le stazioni, Giulio Cesare, San Giovanni Bosco, Corelli, Cimarosa/Tabacchi, Bologna fino al manufatto in retrostazione Bologna che include anche il pozzo Novara;
- Un pozzo terminale di fine tratta, ossia il Pozzo Novara funzionale per il calaggio della TBM per lo scavo della galleria del Lotto funzionale successivo;
- il manufatto in retrostazione Rebaudengo, avente la funzione di deposito-officina, per la manutenzione ordinaria programmata sui treni, oltre che il parcheggio di 7 treni in stalli predisposti e complessivamente di 10 treni a fine servizio;
- la predisposizione per la realizzazione del manufatto di bivio nella diramazione nord verso San Mauro Torinese.

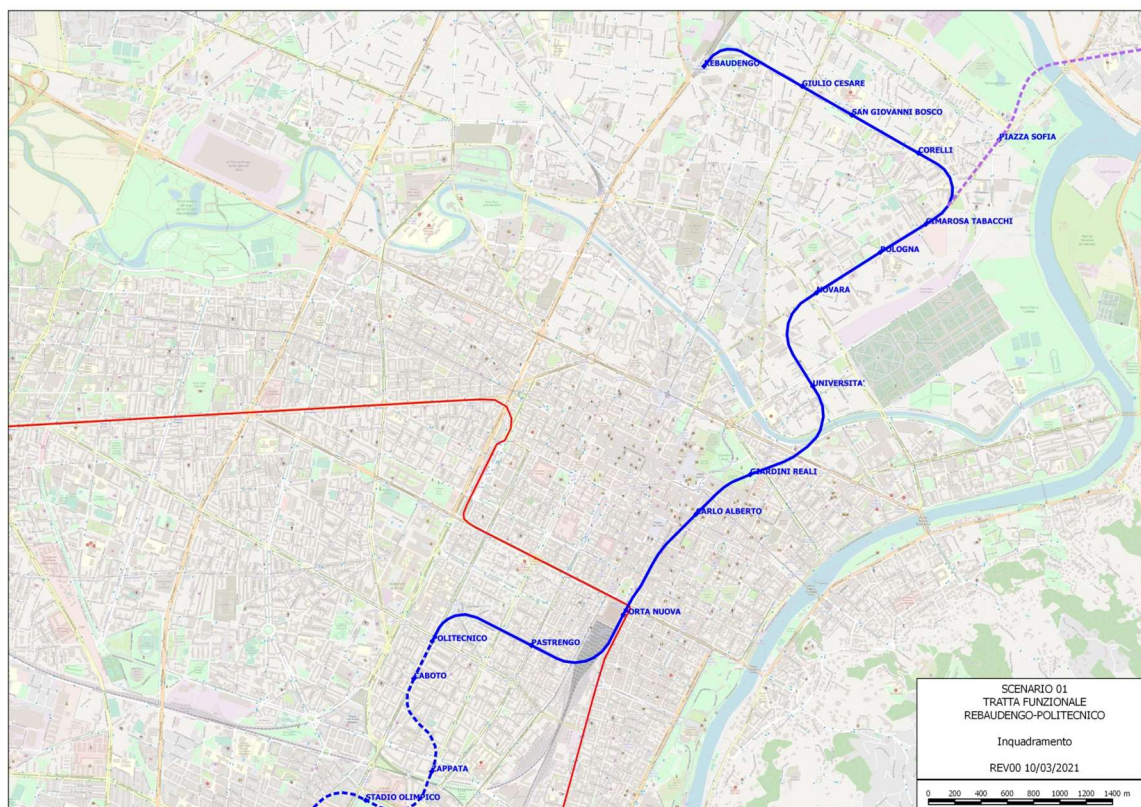


Figura 1. Key-plan della linea 2 – Lotto funzionale 1 – Rebaudengo - Bologna


## 2. INTRODUZIONE

L'entità reale dei fenomeni deformativi che si possono verificare durante la realizzazione di un'opera dipende in maniera considerevole dalle variabilità locali della situazione geologico/geotecnica e, soprattutto, dalle reali modalità esecutive adottate.

Per quanto sopra deve essere messo in opera un adeguato sistema di monitoraggio che possa permettere il confronto della situazione teorico/progettuale con le reali situazioni che possono instaurarsi sia durante le operazioni di scavo che sul medio termine.

Il monitoraggio delle opere in progetto dovrà permettere:

- La verifica dell'efficacia delle soluzioni progettuali prescelte, in ragione della variabilità locale della geologia, attuando misure sullo stato deformativo e tensionale delle strutture.
- La misura della situazione deformativa del terreno determinata in corrispondenza dell'asse della galleria della metropolitana e nella zona circostante di influenza, nonché a tergo

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

delle paratie di diaframmi e/o pali e/o micropali per le zone di influenza degli scavi delle stazioni e dei pozzi.

- La verifica della situazione deformativa sui fabbricati presenti nell'area di influenza degli scavi.


Le attività di monitoraggio dovranno poi permettere la validazione dei parametri utilizzati per la definizione dei metodi di stabilizzazione degli scavi al fine di avallare le scelte effettuate oppure effettuare le necessarie modifiche in corso d'opera. Questo metodo permette, quindi, di garantire la gestione degli imprevisti legati allo scavo. A tal fine è necessario predefinire dei valori di soglia (di attenzione e di allarme) dei parametri chiave, la cui comparazione con i risultati del monitoraggio dovrà permettere, se necessario, l'applicazione di opportune contromisure assicurando la sicurezza dello scavo, delle persone e delle strutture circostanti.

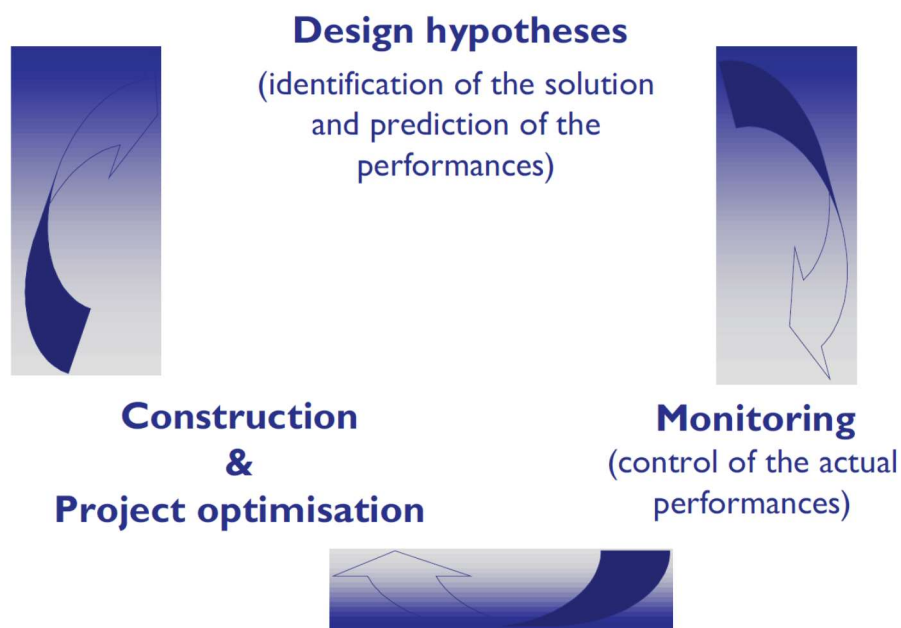
La metodologia adottata segue il principio di progettazione secondo la "*filosofia di progetto flessibile*" correntemente applicata nel campo dell'ingegneria geotecnica e per le opere in sotterraneo in particolare (**Figura 2**).

Tale filosofia prevede il controllo sistematico dei lavori attraverso un piano di monitoraggio dei parametri che influenzano il comportamento dell'opera e del terreno circostante, al fine di confrontare le ipotesi di progetto e, dove necessario, adattarlo alla situazione locale per garantire le condizioni di sicurezza previsti, il rispetto dei tempi di esecuzione e la gestione delle aleatorietà.

Il progetto specifico di un sistema di monitoraggio comprende i seguenti elementi:

- Definizione dei parametri chiave del monitoraggio.
- Definizione delle sezioni tipo di monitoraggio e della tipologia di strumentazione da mettere in opera, sia per le strutture che per i manufatti preesistenze.
- Localizzazione delle sezioni tipo e dei manufatti cui applicare le strumentazioni.
- Definizione della frequenza delle letture.
- Definizione dei valori (limiti) di attenzione e allarme per le grandezze monitorate.
- Definizione delle contromisure da attuare in caso di superamento dei valori di allarme definiti.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX



**Figura 2. Diagramma di flusso relativo alla metodologia di progettazione flessibile**

I primi due elementi sopra citati sono di seguito trattate. I dettagli di questi e i rimanenti elementi dovranno essere trattate nelle successive fasi progettuali (Progetto Esecutivo).

Gli schemi tipologici del sistema di monitoraggio per i manufatti interessati dallo scavo e quelli in progetto è riportato negli elaborati grafici inerenti il monitoraggio che fanno parte integrante del presente documento.


Nello specifico, l'esatta posizione delle sezioni di monitoraggio e degli strumenti descritti nel seguito del presente documento dovrà essere specificata nell'ambito delle successive fasi di progettazione.

### **3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CHIAVE**

In funzione delle informazioni derivanti dalle attività di progettazione/calcolo, devono essere previsti sistemi atti a monitorare i seguenti parametri:

- Tensioni, deformazioni e spostamenti nelle strutture sotterranee in costruzione.
- Deformazione sulla superficie del suolo e in profondità.
- Spostamenti sia degli edifici sia di altri manufatti esistenti.



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

I parametri di controllo possono essere suddivisi in funzione della tipologia di opera da monitorare:

- Strutture sotterranee in costruzione.

Deformazioni e convergenze della galleria.

Sollecitazioni nei conci di rivestimento della galleria o nel rivestimento definito in caso di galleria realizzata con metodo tradizionale.

Deformazioni e spostamenti delle paratie delle stazioni.

Sollecitazioni delle paratie delle stazioni.

Sollecitazioni negli elementi orizzontali (provvisori e/o permanenti) nelle stazioni e della galleria di linea.

- Strutture esistenti.

Cedimenti del terreno nelle vicinanze della struttura.

Cedimenti e rotazioni delle strutture poste nelle vicinanze dell'opera.

Vibrazioni delle strutture.

Monitoraggio di eventuali fessure esistenti nelle strutture.


Occorre ricordare come le grandezze sopra descritte siano fra di loro interdipendenti, motivo per il quale la variazione anomala di un parametro potrebbe essere addebitata ad una causa che provoca anche la modifica delle altre grandezze. I parametri ricavati devono, quindi, essere tra loro correlati al fine di permettere la rapida comprensione del fenomeno fisico e della risposta della struttura allo scavo in modo da verificare tempestivamente anche le eventuali situazioni di rischio per i manufatti esistenti e le relative contromisure da adottare.

## 4. DESCRIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO

L'area lungo la quale si svilupperà il Progetto della Linea 2 si ubica nella cosiddetta "Pianura piemontese settentrionale" delimitata a Nord-Ovest dalle Alpi e verso Sud-Est dai rilievi collinari della Collina di Torino e del Monferrato. Tale struttura è caratterizzata da una potente serie di età pliocenica superiore – olocenica formata dagli apporti successivi di due ampi conoidi fluvio-glaciali appartenenti al fiume Dora Riparia e torrente Stura di Lanzo. I materiali di natura continentale sono sovrapposti ad una serie marina pliocenica composta da depositi sabbiosi, sabbioso-limosi fino a totalmente limosi. Ad ulteriore profondità si rinvengono formazioni marine di età terziaria di natura prevalentemente marnosa ed arenaceo-conglomeratica costituenti la Collina di Torino.

Nello specifico possiamo affermare che l'assetto geologico generale della zona d'interesse è costituito per i primi 150m circa di profondità dal piano campagna in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali: sabbie e ciottoli in matrice limosa;
- depositi lacustri e fluviolacustri: limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi;
- depositi d'ambiente marino, limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

Nel complesso i terreni interessati dallo scavo delle gallerie sono costituiti prevalentemente da un deposito ghiaioso-sabbioso ben addensato, caratterizzato dalla presenza di livelli e/o lenti di materiale cementato. La cementazione si presenta perlopiù con disomogenea distribuzione verticale e scarsa continuità orizzontale, in accordo alla genesi stessa del deposito naturale.

#### **4.1 Caratteristiche geotecniche**

In fase preliminare ed in base alle risultanze delle indagini svolte sin ora ed a quanto disponibile in letteratura e da lavori precedenti, la caratterizzazione geotecnica delle unità interessate dagli scavi si possono descrivere come segue.

##### Unità geotecnica 1: terreno superficiale

Rappresenta l'orizzonte superiore del profilo stratigrafico e si presenta con potenza variabile. Granulometricamente risulta composta da limi sabbioso-argillosi, limi, e limi argillosi, sabbie con ghiaie, inglobanti materiali derivanti da demolizioni quali frammenti di laterizi e calcestruzzo.

##### Unità geotecnica 2-3-4: depositi fluvioglaciali Rissiani (ghiaie con sabbie da sciolte a cementazione media-elevata)

Le unità 2-3-4 sono riconducibili ai depositi fluvioglaciali del Pleistocene, costituiti da ghiaie eterometriche da fini a grosse, con clasti poligenici (di dimensioni variabili da centimetrici a metrici) immersi in matrice sabbioso-limosa. Le unità 2-3-4 si differenziano unicamente per il grado di cementazione associato: l'unità 2 sono depositi caratterizzati da un livello di cementazione nullo-basso; l'unità 3 con grado di cementazione da basso a medio e l'unità 4 con grado di cementazione alto.

##### Unità geotecnica 5: Argille Azzurre

Questa unità è formata da limi argillosi e argille limose grigie e grigio-azzurre, molto compatte, plastiche, con livelli centimetrici sabbioso – limosi e ghiaioso – limosi con rari ciottoli.

##### Unità geotecnica 6: depositi Villafranchiani


I depositi del Villafranchiano intercettati dalle indagini eseguite per il progetto preliminare di L2 sono maggiormente costituiti da sabbie da fini a grosse e ghiaie fini e localmente sabbie limose. Si sottolinea inoltre la presenza all'interno di questa unità di limi argillosi piuttosto coesivi.

##### Unità geotecnica 7: marne di Sant'Agata

Questa unità, costituita da argille limose molto compatte, localmente litificate.

Ai fini del calcolo delle subsidenze, di fatto il tracciato si trova immerso in un materiale generalmente non coesivo a luoghi cementato con limitati passaggi in unità geotecniche maggiormente coesive.



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

## 5. MONITORAGGIO GALLERIA DI LINEA

### 5.1 Principi generali

Il sistema di monitoraggio della galleria di linea previsto per la tratta in esame è funzione della tipologia di scavo e, quindi, caratterizzato da:

- **Galleria scavata in naturale con metodo tradizionale:**
  - Monitoraggio del rivestimento (di prima e seconda fase) della galleria.
  - Monitoraggio del bacino di subsidenza in superficie dovuto alle operazioni di scavo.

A quanto sopra si aggiunge il monitoraggio degli edifici interessati dal bacino di subsidenza dello scavo della galleria che, per le loro caratteristiche strutturali, possono venire maggiormente influenzate in senso negativo dalle operazioni di scavo.

### 5.2 Strumentazione galleria scavata con metodi tradizionali

Nel tratto oggetto della presente relazione le pre-esistenze interferite sono estremamente limitate e le soluzioni proposte prevedono un uso massiccio di consolidamenti dalla superficie ed in avanzamento.

A fronte di questa situazione oggettiva, l'impegno per il monitoraggio in corso di costruzione risulta più limitato rispetto ad altri tratti della linea.

In particolare, si distinguono i monitoraggi relativi alla galleria e quelli relativi agli edifici e strutture in genere.


Per quanto attiene la galleria si individuano due tipologie di sezioni:

- Sezione Corrente (SC) che ha lo scopo di monitorare gli spostamenti dei sostegni di prima fase ed i cedimenti in superficie;
- Sezione Principale (SP) costituita dalla SC integrata con misure di deformazione nel terreno, misure del livello piezometrico, misure di carico sui sostegni e misure tensio-deformative nelle strutture definitive

Le sezioni SC hanno una cadenza regolare di circa 25m, mentre le sezioni SP sono localizzati laddove ritenuto più utile al controllo delle interferenze indotte, specie a ridosso delle poche strutture presenti in zona.

Per quanto attiene gli edifici, essi sono tipicamente ad uno o due piani e questi vengono monitorati con misure di spostamento (anche con livellazioni di precisione), vibrometri e fessurimetri.

Lungo la tratta esiste poi un'opera infrastrutturale costituita dal ponte lungo via Toscanini per cui si prevede il controllo degli spostamenti e delle vibrazioni, così come di eventuali fessure.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

In merito ai fessurimetri, essi saranno individuati in numero e posizione appena prima dell'avvio della costruzione a seguito di sopralluoghi mirati.

Gli schemi proposti e la localizzazione degli strumenti sono indicati nell'elaborato grafico MTL2T1A1DPRCGN0T001 a cui si rimanda.


Come buona prassi il monitoraggio dovrà essere gestito in un'ottica di analisi e gestione del rischio e pertanto in sede di Progettazione Esecutiva dovranno essere definite le soglie di attenzione ed allarme in base ai risultati dei calcoli sviluppati nell'ultima fase di Progetto. Indicativamente si ritiene opportuno utilizzare percentuali del 70% e 100% dei valori nominali di calcolo rispettivamente per la soglia di attenzione ed allarme.

Nel caso in cui venga raggiunta la prima soglia le letture di monitoraggio verranno intensificate mentre, al raggiungimento della seconda, verranno attivate le contromisure che il Progetto Esecutivo dovrà definire.

La frequenza delle letture dovrà avere almeno la cadenza indicata nella tabella che segue.

**Tabella 1 Frequenza letture di monitoraggio**

Stato della costruzione		Frequenza
Durante la realizzazione dei consolidamenti		1 lettura/giorno
Dopo il termine dei consolidamenti e prima dell'avvio degli scavi		1 lettura/settimana
Durante lo scavo della galleria in funzione della posizione del fronte di avanzamento		
Anti il fronte (m)	Dietro il fronte (m)	
d>50	-	2 letture iniziali
10<d<50	-	1 lettura/giorno
d<10	-	2 letture/giorno
-	d<10	2 letture/giorno
-	10<d<50	1 lettura/2 giorni
-	d>50	1 lettura/settimana fino a stabilizzazione

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

## 6. MONITORAGGIO DEI POZZI DI INTERTRATTA

Il monitoraggio dei pozzi in costruzione è finalizzato al controllo delle condizioni di stabilità ed alla corrispondenza dei risultati attesi in termini di tensioni e deformazioni in sede di progetto.

Le strumentazioni di monitoraggio previste nei pozzi sono riportate nel relativo elaborato grafico ed in particolare sono costituite da:


- Inclinatori verticali (IN) disposti all'interno delle paratie della sala tecnica e 2 nelle strutture di contenimento del pozzo circolare.
- Barrette estensimetriche longitudinali del tipo a corda vibrante in corrispondenza delle opere di contenimento lungo le pareti di scavo della cabina tecnica.
- Riscontri per misure di convergenza (CTC) da posizionarsi in corrispondenza della testa degli inclinometri.
- Barrette estensimetriche (BE) del tipo a corda vibrante dotate di termistore, in corrispondenza dei puntoni provvisori di contrasto.
- Punti di livellazione superficiale (CPL) a tergo delle paratie per il controllo dei cedimenti del terreno.
- Mire per la misura di convergenza ottica (CTC) sul rivestimento definitivo della cabina tecnica (per la sola fase di costruzione dell'opera).
- Mire per la misura di convergenza ottica (CTC) sulle pareti del pozzo circolare (per la sola fase di costruzione dell'opera).
- Barrette estensimetriche (BE) del tipo a corda disposte a coppie sulle armature della struttura della cabina tecnica e del pozzo verticale (per la sola fase di costruzione dell'opera).
- Barrette longitudinali di riferimento (BEA) no stress gauge da disporsi all'interno del rivestimento definitivo della cabina e del pozzo circolare (per la sola fase di costruzione dell'opera).

## 7. MONITORAGGIO DELLE STAZIONI

Il monitoraggio delle stazioni in costruzione è finalizzato al controllo delle condizioni di stabilità ed alla corrispondenza dei risultati attesi in termini di tensioni e deformazioni in sede di progetto.

Le strumentazioni di monitoraggio previste nelle stazioni, e in generali nei manufatti cut and cover ad esse assimilabili, sono riportate nel relativo elaborato grafico ed in particolare sono costituite da:

- Tubi inclinometrici (IN) su pannelli di diaframmi o all'interno dell'elemento tubolare di armatura dei micropali, di lunghezza pari alla profondità dell'elemento; ciò al fine di controllare

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

con precisione l'evoluzione della deformata e confrontarla con i risultati delle analisi progettuali nelle varie fasi di scavo.

- Punti di controllo topografico (CTC) di precisione posizionati in prossimità della testa del tubo inclinometrico.
- Ricontri in acciaio predisposti per l'attacco di mire per letture di convergenza (CTC), ancorati sul pannello e disposti sui pannelli a diverse altezze dello scavo.
- Coppie di barrette estensimetriche BE (lato intradosso e lato estradosso) fissate sulle gabbie d'armatura del diaframma, sugli elementi orizzontali e sui puntoni metallici provvisori per il controllo dello stato di sollecitazione dell'elemento strutturale ed il controllo delle tensioni dell'acciaio e del calcestruzzo, poste in posizioni rappresentative.
- Estensimetri elettrici BEA dotati di sistema di controllo delle temperature fissate sulle gabbie d'armatura del diaframma, sugli elementi orizzontali, al fine di controllare lo stato tensionale e deformativo degli elementi.
- Estensimetri elettrici longitudinali BL fissate sulle gabbie d'armatura del diaframma al fine di controllare lo stato tensionale e deformativo degli elementi.
- Punti di livellazione superficiale per il controllo dei cedimenti del terreno a tergo delle paratie CPL allo scopo di definire il quadro deformativo generale a tergo della paratia, ed in particolare la tipologia del profilo di subsidenza indotto dagli scavi.


## 8. MONITORAGGIO EDIFICI E MANUFATTI ESISTENTI

Obiettivo del monitoraggio degli edifici e dei manufatti esistenti è, in via primaria, il controllo e la salvaguardia degli stessi durante l'esecuzione dei lavori.

In generale, gli edifici interessati dai lavori di costruzione della Metropolitana possono essere suddivisi in:

- Edifici sottoattraversati dalla linea e quelli considerati di primario interesse.
- Edifici prospicienti i cantieri delle stazioni e dei pozzi, e gli edifici che, per ragioni di carattere strutturale, storico o di destinazione d'uso, costituiscono motivo di significativo interesse.
- Edifici che lungo la linea, pur non presentandosi critici come ubicazione rispetto al tracciato della metropolitana, possono essere di potenziale interesse per ragioni di carattere strutturale, storico o di destinazione d'uso;
- Edifici con ubicazione non critica rispetto al tracciato della metropolitana e non di particolare interesse (strutturale, storico, ecc.).

Sulla base di questa suddivisione è necessario effettuare valutazioni relative al possibile rischio di danneggiamento dei fabbricati e della necessità di eseguire interventi di presidio.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

Gli schemi di monitoraggio proposti in questa fase di progetto preliminare prevedono:

- La predisposizione di controlli della situazione deformativa sui manufatti esistenti e sulla superficie del terreno attraverso:
  - punti di livellazione superficiale (CPL) opportunamente disposti per ogni fabbricato lungo il tracciato;
  - punti di controllo topografico (CTC e L) sulle pareti dei fabbricati presenti lungo il tracciato (gli strumenti L vanno posizionati sulle pareti del fabbricato a circa 1m di altezza da piano campagna, mentre gli strumenti CTC in corrispondenza delle pareti dei piani superiori).
  - La posa in opera di basi  $F_S$  per deformometro elettrico, al fine di valutare l'eventuale influenza dello scavo sulle fessure eventualmente presenti negli edifici.
  - La posa in opera di fessurimetri fissi  $F_{SE}$ , al fine di valutare l'eventuale influenza dello scavo su quelle eventuali fessure poste in punti dell'edificio difficilmente accessibili, voglia per quota o per altra ragione;
  - La posa in opera di clinometri CL al fine di valutare gli effetti degli interventi di consolidamento sugli edifici e gli effetti deformativi per edifici di interesse storico e/o artistico, per edifici con stato di consistenza cattivo o lesionati, posti a distanza ravvicinata alle zone di scavo.
  - posa in opera di vibrometro trassiale T in corrispondenza degli edifici, al fine di misurare l'entità eventuale delle vibrazioni cui possono essere sottoposti durante le fasi di scavo.


In accoppiamento con le sezioni di livellazione superficiale previste per lo scavo della galleria, dei pozzi e delle stazioni, la strumentazione in opera dovrà permettere la definizione del quadro deformativo generale nell'intorno degli scavi e, in particolare, la zona di influenza degli scavi e la tipologia del profilo di subsidenza indotto.

## 9. CONCLUSIONI

Uno scavo sotterraneo, di qualsiasi natura, può generare movimenti e/o modificazioni nello stato tensionale del terreno circostante e i suoi effetti sulla superficie e sugli edifici circostanti possono essere molteplici.

Per tale ragione è stato previsto, in forma di schemi tipologici in questa fase di progettazione preliminare, un sistema di monitoraggio che permette il confronto della situazione teorico / progettuale con le reali situazioni che possono instaurarsi sia durante le operazioni di scavo che sul medio termine.

Il piano di monitoraggio prevede inoltre, attraverso schemi tipologici in questa fase di progettazione preliminare, un monitoraggio dei fabbricati vicini agli scavi o comunque interessati dall'esecuzione delle opere.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto funzionale 1: Rebaudengo - Bologna</b>
Monitoraggio – Relazione Tecnica	02_MTL2T1A1DPRCG00R002-0-1.DOCX

Nelle successive fasi di progettazione dovranno essere approfonditi e adeguatamente affrontati i seguenti temi:

- Redazione di schemi di monitoraggio specifici per ciascun manufatto in progetto, con una planimetria indicante la posizione delle sezioni di monitoraggio e il numero e il tipo di strumenti da installare su ciascun edificio.
- Definizione delle frequenze di lettura di ciascun strumento.
- Definizione delle soglie di attenzione e di allarme per ciascun strumento previsto e ciascuna grandezza investigata.

Nella fase di costruzione l'Appaltatore e/o la Direzione dei Lavori dovranno predisporre una piattaforma GIS che consenta:

- Una migliore accessibilità delle misure, garantendo il controllo a tutti gli attori coinvolti.
- A rendere più agevole il lavoro di editing e divulgazione dei documenti.
- La realizzazione di una banca dati delle misure, organizzata nel tempo e nello spazio e che sia di semplice consultazione.