



CITTA' DI TORINO

# DIPARTIMENTO GRANDI OPERE, INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ

Divisione Infrastrutture - Servizio Suolo Parcheggio

## PARCHEGGIO PUBBLICO INTERRATO PIAZZA BENGASI

CUP C11113000010007 - CIG 8530185359 - CPV 71242000-6 - C. NUTS ITC11

### PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

**Arch. Paola DE FILIPPI**

COLLABORATORI TECNICI DEL RUP

**Ing. Giovanni SELVAGGI**  
**Ing. Giuseppe POPPA**

R.T.P.

**ICIS S.r.l. - Società di Ingegneria**

**ICIS**  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Mandataria R.T.P. - Integrazione prestazioni specialistiche -  
Strutture - Geologia e Geotecnica - Viabilità e Sottoservizi - CAM

**STUDIO ROLI ASSOCIATI**

**Roli associati**  
PARKING DESIGN

Architettura - Edilizia - Sistemazioni Esterne

**STUDIO RENATO LAZZERINI**

**R**  
STUDIO RENATO LAZZERINI

Impianti Idraulici, Meccanici,  
Elettrici e Speciali

**Dott. Stefano ROLETTI**

Acustica Ambientale

**Ing. Gian Franco SILLITTI**

Prevenzione Incendi

**GAE Engineering S.r.l.**

**GA<sup>e</sup> ENGINEERING**  
BY YOURSIDE

Strategia Antincendio  
Coordinamento Sicurezza in Progettazione

**Ing. Luigi QUARANTA**

Coordinamento Sicurezza in Progettazione



### DOCUMENTI DI INDAGINE E MONITORAGGIO

Piano di monitoraggio strutturale Metro ed edificio  
Piazza

Integratori Prestazioni Specialistiche

**Ing. Paolo S. PAGANO (ICIS Srl)**

**Ing. Luciano LUCIANI (ICIS Srl)**

Progettista Strutture

**Dott. Ing. Andrea Alberto (ICIS Srl)**

REDAZIONE	CODICE GENERALE ELABORATO							
LGA Srl	L2687	PE	B	MON	00	r01		
	<small>CODICE OPERA</small>	<small>LIVELLO PROGETTO</small>	<small>CATEGORIA</small>	<small>DOCUMENTO</small>	<small>N. ELABORATO</small>	<small>REVISIONE</small>		
CONTROLLO	NOTE EMISSIONI						SCALA	
Dott. Ing. Andrea Alberto (ICIS Srl)	n	Data	Descrizione				-	
	00	agosto 2024	Prima Emissione Progetto Esecutivo					
	01	ottobre 2024	Emissione post Verifica					
AUTORIZZAZIONE	DATA							
Ing. Luciano LUCIANI (ICIS Srl)	ottobre 2024							
FILE								

## Sommario

1	Introduzione .....	3
2	Sistema di monitoraggio metropolitana.....	4
2.1	Centralina di monitoraggio .....	4
2.2	Inclinometri biassiali / Mire topografiche / Fessurimetri.....	4
3	Sistema di monitoraggio fabbricati.....	6
3.1	Centralina di monitoraggio .....	6
3.1.1	Inclinometri biassiali .....	6
3.2	Stazione totale robotizzata.....	6
3.2.1	Architettura del sistema di monitoraggio automatico.....	6
3.2.2	Stazione Totale con precisione 0.5" .....	6
3.2.3	Alloggiamento prima protezione .....	7
3.2.4	Micromire speciali per monitoraggio.....	7
3.2.5	Macromire speciali per monitoraggio .....	8
4	Soglie di attenzione e allarme.....	9
5	Conclusioni .....	10

## 1 Introduzione

La presente relazione individua il piano di monitoraggio strutturale della stazione della metropolitana e dei fabbricati adiacenti l'area di scavo della Piazza Bengasi per la realizzazione del parcheggio interrato.

L'impostazione base del sistema di monitoraggio ha seguito i seguenti macro aspetti:

- Gestione e controllo in remoto di tutti i sistemi, comprensivi delle modifiche delle soglie di allarme;
- Ridondanza delle misurazioni e dei sistemi di controllo;
- Possibilità di implementazione dei sistemi in qualsiasi momento;
- Possibilità di condivisione con Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza e Committenza.

Il sistema di monitoraggio è stato suddiviso su diversi livelli (piano del tunnel della metropolitana, stazione metropolitana su due livelli, palazzi esterni adiacenti agli scavi) e dovrà essere gestito da 4 centraline di monitoraggio separate; tre saranno dedicate al sistema della metropolitana, la quarta al sistema degli edifici esterni.

La quarta centralina dovrà essere predisposta per poter collegare ulteriori sistemi di monitoraggio ambientale quali fonometri, misuratori di polveri, misuratori di PM, etc.

## 2 Sistema di monitoraggio metropolitana

Il sistema di monitoraggio della metropolitana dovrà garantire il controllo in remoto di eventuali deformazioni del tunnel o delle pareti della stazione; sarà composto da una centralina di monitoraggio e da singoli sensori, posizionati come da schemi allegati.

### 2.1 Centralina di monitoraggio

Tre centraline di monitoraggio saranno dedicate al sistema della metropolitana, mentre una quarta verrà dedicata al sistema degli edifici adiacenti e al cantiere.

Dovrà essere gestibile in remoto tramite collegamento GSM autonomo e collegabile alla rete elettrica classica (alimentazione 220V).

La sua allocazione ideale è presso il fabbricato "Dazio" per la posizione ottimale sia per ricevere i segnali dal sistema della metropolitana sia per poter dialogare con i server di appoggio per la gestione dei dati e degli allarmi. Il posizionamento all'interno del fabbricato garantirà anche protezione al sistema e una più facile gestione della manutenzione. La centralina dovrà poter disporre di uscite USB, RS485 MODBUS, Relay, GSM/GPRS oltre a due uscite relè.

### 2.2 Inclinatori biassiali / Mire topografiche / Fessurimetri

Per il sistema di monitoraggio della metropolitana sono stati previsti inclinometri biassiali da posizionare sul piano del ferro (verifica di eventuali movimenti) e in stazione e mire topografiche 3D con estensimetri in galleria (verifica di eventuali deformazioni del fornice).

Si riportano lo schema di posa (estratti di pianta e sezione) e alcuni esempi di installazioni similari su traversine.

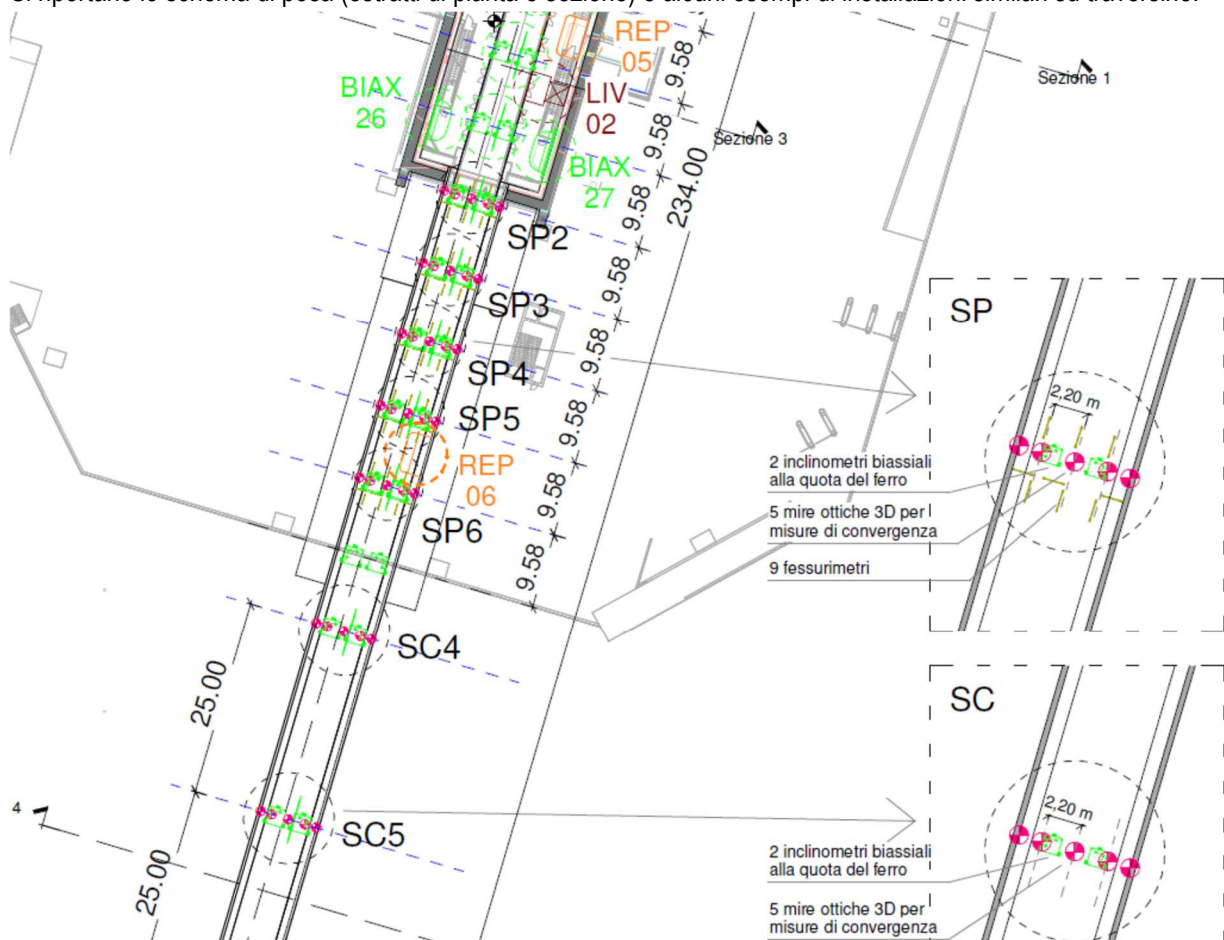


Figura 1 Estratto di pianta di monitoraggio

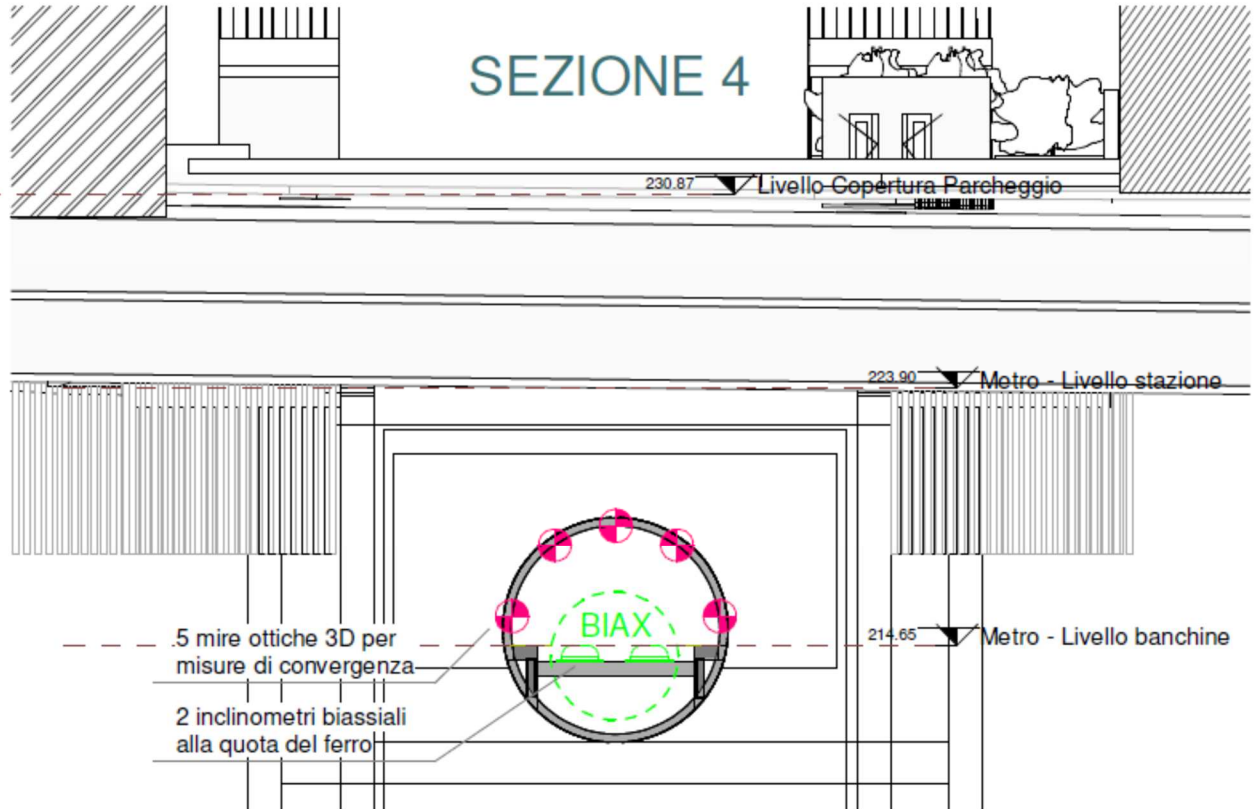


Figura 2 Estratto di sezione di monitoraggio

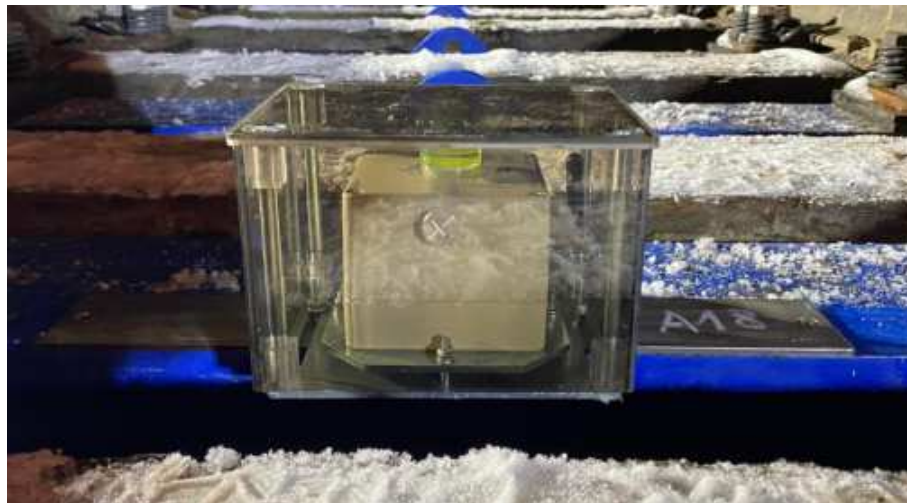


Figura 3 Inclinometri biassiali installati su traversine



## 3 Sistema di monitoraggio fabbricati

Per il sistema di monitoraggio dei fabbricati si è previsto un sistema ibrido, composto sia da inclinometri biassiali da installare nelle parti sommitali di alcuni fabbricati sia con il posizionamento di una stazione totale robotizzata con mire posizionate a diversa altezza sui fabbricati.

### 3.1 Centralina di monitoraggio

La centralina di monitoraggio dovrà dedicata al sistema degli edifici adiacenti e al cantiere, mentre una seconda verrà dedicata al sistema della metropolitana.

Dovrà essere gestibile in remoto tramite collegamento GSM autonomo e collegabile alla rete elettrica classica (alimentazione 220V).

La sua allocazione ideale è presso il fabbricato "Dazio" per la posizione ottimale sia per ricevere i segnali dal sistema della metropolitana sia per poter dialogare con i server di appoggio per la gestione dei dati e degli allarmi. Il posizionamento all'interno del fabbricato garantirà anche protezione al sistema e una più facile gestione della manutenzione. La centralina dovrà poter disporre di uscite USB, RS485 MODBUS, Relay, GSM/GPRS oltre a due uscite relè.

#### 3.1.1 Inclinometri biassiali

Andranno posizionati n. 4 inclinometri biassiali sul fabbricato "Dazio" e n. 15 inclinometri biassiali sui fabbricati adiacenti la piazza. Viste le posizioni "a vista" basteranno n.2 repeater sul fabbricato per rilanciare eventuali segnali di bassa intensità.

Il posizionamento dovrà avvenire tramite l'ausilio di una piattaforma levatrice con braccio di almeno 52 m.

### 3.2 Stazione totale robotizzata

Il sistema di monitoraggio proposto si basa sulle seguenti componenti:

- Stazione totale automatica tipo Leica TM60 0.5";
- Sistema di ingegnerizzazione tipo ComBox60 con tecnologia Edge;
- Software di gestione e configurazione del sensore e pubblicazione dei dati su piattaforma cloud.

#### 3.2.1 Architettura del sistema di monitoraggio automatico

L'architettura del sistema di monitoraggio si basa su n.1 stazione totale robotizzata automatica, modello tipo Leica TM60 0.5", e prismi installati su punti opportunamente identificati (di cui almeno n.4 di orientamento) che permetterà di impostare un numero di cicli di misura adeguato per monitorare il fenomeno.

La stazione totale robotizzata automatica dovrà essere di alta qualità e di elevate performance ed appositamente progettata per lavorare h 24, 365 giorni all'anno: occorrerà infatti una Stazione Totale per il Monitoraggio, con motori e performance di elevata efficienza e affidabilità.

Il sistema dovrà essere dotato di un armadietto tecnologico (installato in prossimità del sensore) contenente tutta la strumentazione necessaria per l'alimentazione e la comunicazione, allo scopo di assicurare la continuità di funzionamento del Sistema 24/7.

Lo strumento, dopo l'installazione e una prima serie di misure "zero", dovrà essere in grado di memorizzare la posizione dei punti da monitorare e quelle dei punti di controllo (esterni all'oggetto di monitoraggio). Per le misure successive (monitoraggio vero e proprio) dovrà essere in grado, in totale autonomia e secondo le impostazioni definite (numero e frequenza di cicli di misura, stimabili in circa 1 misura all'ora), di ricercare e misurare ciascun prisma, permettendo in tal modo di archiviare tutte le misure del monitoraggio in un unico database.

Il sistema dovrà consentire la raccolta, archiviazione ed elaborazione dei dati (database tipo SQL), la determinazione delle coordinate tridimensionali (posizione) di ciascun punto battuto per ciclo di misura.

Un modulo dedicato dovrà permettere di elaborare i grafici, mappare gli spostamenti, generare report e condividere tali informazioni con i soggetti che dovranno essere informati.

#### 3.2.2 Stazione Totale con precisione 0.5"

La stazione totale robotizzata tipo è uno strumento motorizzato automatico progettato per fare monitoraggio, misura con e senza prisma ed è dotato di un Sistema Automatico di Collimazione del prisma.

La capacità di misura dovrà essere altamente performante con alta ripetibilità delle misure (caratteristica fondamentale per il monitoraggio). Dovrà essere dotata di dispositivo automatico di puntamento per la misura su qualsiasi tipo di mira passiva garantendo la massima precisione strumentale a norma DIN.

Il sistema offerto dovrà avere precisione angolare 0.5".

Di seguito sono riportate in elenco le principali caratteristiche del sensore:

- Portata del Dispositivo di Puntamento
  - o su prisma circa 3500 m. in condizioni medie
  - o senza prisma 1000 m. e anche oltre
- Precisione di misura della distanza su prisma: 0,6 mm + 1ppm (tip. 2,4sec) - M. Singola (Prisma)
- Precisione di misura della distanza senza prisma: 2 mm + 2 ppm (tip. 2 sec)
- Dimensione del laser a 50 mt: 8 x 20 mm
- Precisione di misura angolare: 0.5"
- Precisione di Collimazione Automatica 1"
- MOTORIZZAZIONE delle rotazioni dei due Assi strumentali. Metodo con Guida diretta basata su Tecnologia Piezo Elettrica.
- Tempo diritto/capovolto: 2,9 sec
- Velocità di Rotazione 180° (o 200 gon) / s
- LETTURA ANGOLARE di altissima precisione, Metodo di lettura continua con codificatori assoluti memoria costante, quadruplo.
- Compensatore Quadri-Assiale: Campo di misura 4', precisione 0,5". Correzione automatica degli errori d'indice verticale, di collimazione orizzontale, dell'asse di rotazione cannocchiale, d'inclinazione dell'asse principale e d'eccentricità dei cerchi.
- IP Class IP65
- Temperatura di esercizio: -20°C + 50°C

### 3.2.3 Alloggiamento prima protezione

Il sistema di monitoraggio che si intende installare è previsto che sia di lunga durata. La strumentazione topografica è di tipo ottico meccanico ed è vulnerabile (poiché ci sono parti in movimento). Seppur la Stazione Totale è strumentazione robusta, è al contempo sensibile agli urti, ed essendo installata all'aperto dovrà essere protetta con la messa in opera di una struttura di protezione semplice e leggera. Inoltre, si registra ormai un incremento della intensità e della frequenza di eventi atmosferici estremi (precipitazioni – cifr. Bombe d'acqua – e grandinate) che, potrebbero compromettere l'operatività e la funzionalità degli strumenti. Pertanto, occorrerà predisporre un alloggiamento di prima protezione che dovrà essere costituito da una struttura metallica (400x400x450mm<sup>3</sup>) circondata da vetro speciale SUPER WHITE anti-aberrante, con visibilità di collimazione a 360°.

La teca rappresenta il miglior compromesso tra costi (nettamente inferiori rispetto alle cassette in legno o ad altre tipologie di strutture "chiuse") e benefici (efficacia/versatilità), in quanto la superficie vetrata non pone limitazioni di utilizzo della strumentazione, e allo stesso tempo lascia libertà di posizionare i prismi dove si desidera, senza alcun vincolo (come invece è nel caso di cassette che devono essere opportunamente forate per garantire la necessaria visibilità). La teca è di facile installazione, rappresenta anche un piccolo deterrente verso possibili furti e funge da dispositivo di protezione anche contro eventuali atti vandalici (lancio di sassi etc.).

### 3.2.4 Micromire speciali per monitoraggio

La Micromira (microprisma) per Monitoraggio dovrà rispondere alle esigenze di affidabilità, precisione e robustezza richieste nell'ambito dei Sistemi di Monitoraggio Automatici con Stazioni Robotiche installate in Postazione Fissa e/o in Postazioni pre-allestite per misure Periodiche.

Al momento per i punti di controllo si ritengono idonei i microprismi, poiché più piccoli e quindi meno invasivi e impattanti sulla struttura. I prismi devono essere fissati rigidamente (solitamente con un semplice fisher).

Dovranno essere installati almeno 50 miniprismi con le seguenti caratteristiche:

- Mini prisma per monitoraggio, composto da quarzo riflettente, è incastonato su struttura metallica e supporto a L in alluminio anodizzato di colore grigio che consente di installare il prisma in svariate posizioni.

- QUARZO RIFLETTENTE Dimensione del quarzo 24 mm
- MONTATURA SPECIALE Prisma per monitoraggio con barra a L per installazioni fisse
- RANGE EDM Portata di misura 1000 m
- RANGE ATR Portata di misura 600 m

### 3.2.5 Macromire speciali per monitoraggio

Il macromire Speciale per Monitoraggio dovrà rispondere alle esigenze di affidabilità, precisione e robustezza richieste nell'ambito dei sistemi di monitoraggio automatici con Stazioni Robotiche installate in postazione fissa e/o in postazioni pre-allestite per misure periodiche. Se ne suggerisce quindi l'impiego laddove è prevista l'installazione fissa della mira su punto da monitorare.

E' costituito da tre parti: Prisma riflettente, Riparo antipioggia/antisoletta, Staffa di montaggio in lega.

- MAX RANGE di misura con IR: 2500 m
- MONTATURA SPECIALE Il collegamento prisma montatura e montatura su appoggio, permette di ruotare il prisma in tutte le direzioni avendo due assi ortogonali orientabili. La peculiarità di questo prisma consiste nella maggior qualità del prisma (costante -7,1mm) e nella struttura del supporto che consente di ridurre/annullare eventuali fenomeni di condensa. Facilita l'autocollimazione del punto prisma attraverso il sistema di puntamento automatico della Stazione Robotica.



## 4 Soglie di attenzione e allarme

Il sistema è previsto con misurazione in continuo e controllo in remoto.  
 Vengono pertanto individuate le seguenti soglie di attenzione e allarme.  
 Le misurazioni devono avvenire in tempo reale.

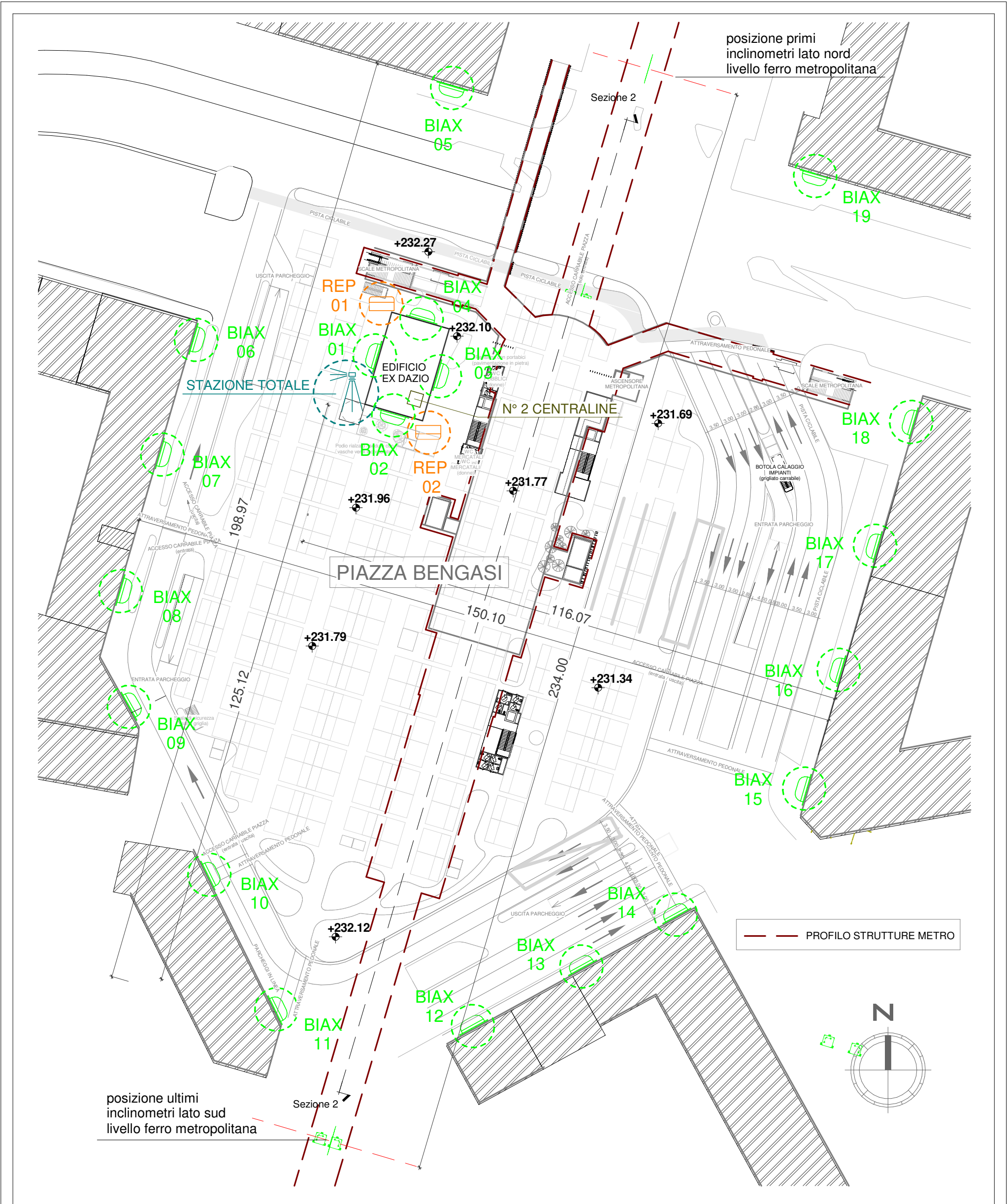
Grandezza da misurare	Valore di riferimento	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Deformazioni in stazione	n.o.	> n.o.	> n.o.
Apertura giunti radiali e circonferenziali in galleria	6 mm	4 mm	6 mm
Disallineamento dei giunti radiali e circonferenziali in galleria	15 mm	10 mm	15 mm
	n.o.	> n.o.	> n.o.
n.o. = normali oscillazioni dello strumento dovute alla precisione della misurazione			

STATO DELLA COSTRUZIONE	FREQUENZA
Durante le fasi preliminari	tempo reale
Durante gli scavi del parcheggio	tempo reale
Al termine degli scavi e prima del getto delle strutture definitive (inclusa stagionatura c.a.)	tempo reale
Al termine della realizzazione delle strutture in c.a. e fino alla stabilizzazione delle letture	tempo reale
Dopo la stabilizzazione delle letture	tempo reale
Ispezioni visive in stazione/galleria dopo il getto delle strutture definitive del parcheggio	una volta al mese

## 5 Conclusioni

Il sistema è stato pensato in modalità “ridondante” e gestibile in remoto, sia per gli allarmi sia per i controlli delle misurazioni. I sistemi dovranno essere dotati di collegamento GSM con SIM dati dedicata (n.4 per le centraline e n.1 per la stazione robotizzata).

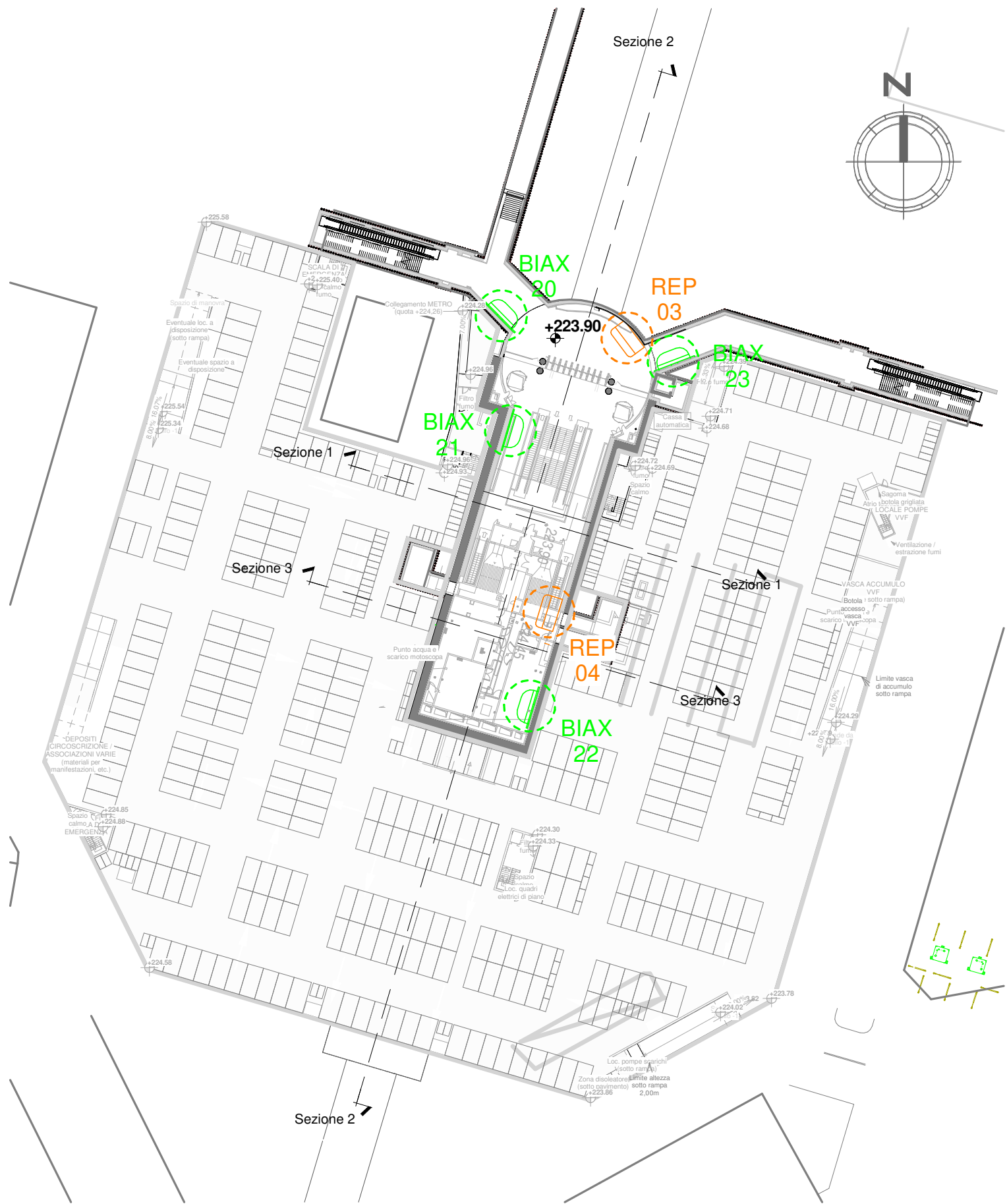
Entrambi i sistemi dovranno poter garantire un accesso remoto anche a terzi, quali Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza e Committenza.



LEGENDA

<p><b>BIAX</b></p>	<p>INCLINOMETRO BIASSIALE</p>	<p><b>REP</b></p>	<p>RIPETITORE SEGNALE RADIO</p>	<p>FESSURIMETRO</p>	<p><b>LIV</b></p> <p>ELETTROLIVELLA</p>
--------------------	-------------------------------	-------------------	---------------------------------	---------------------	---

PLANIMETRIA LIVELLO PARCHEGGIO

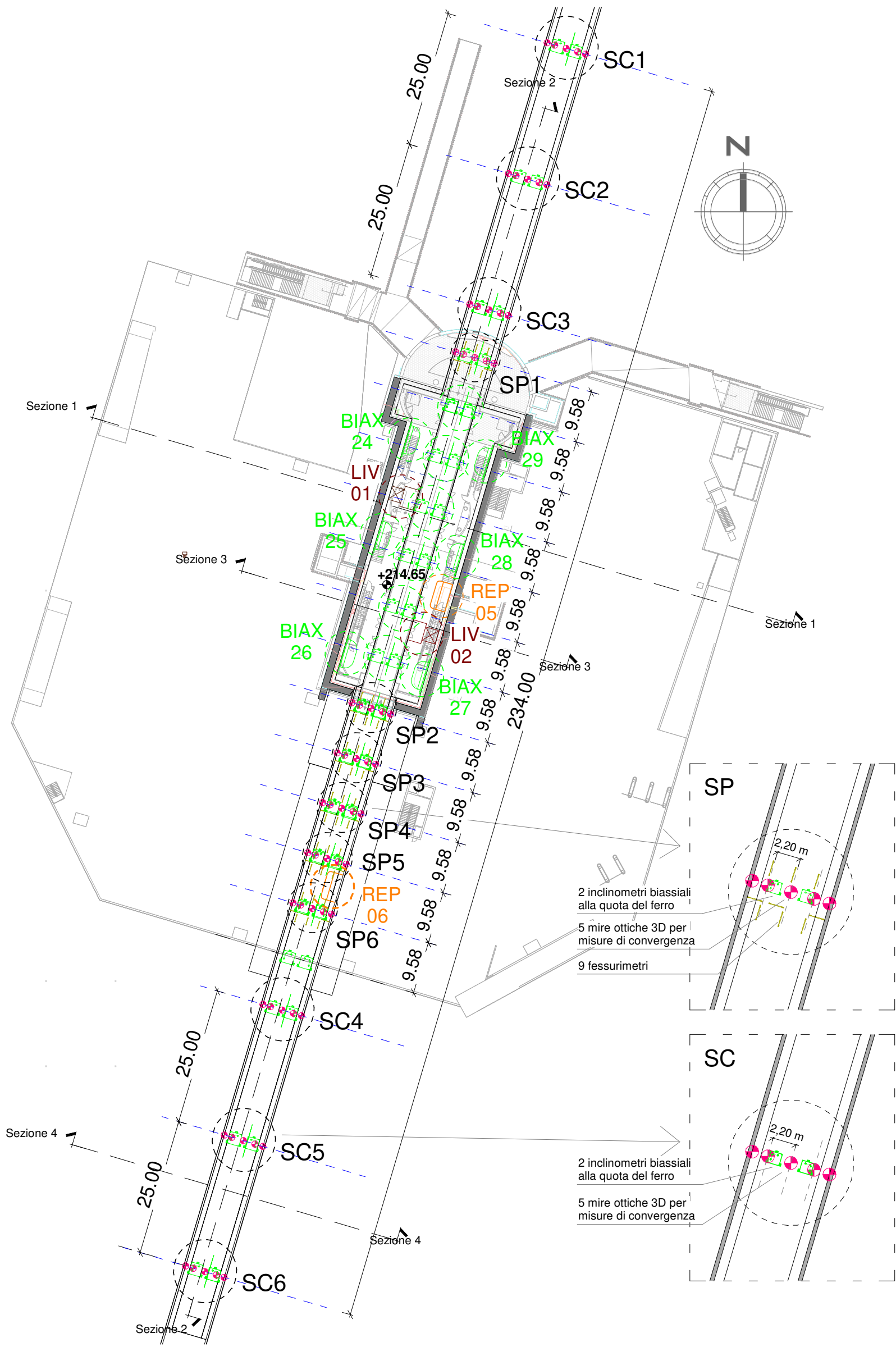


LEGENDA

<p><b>BIAX</b></p>	<p>INCLINOMETRO BIASSIALE</p>	<p><b>REP</b></p>	<p>RIPETITORE SEGNALE RADIO</p>	<p><b>FESSURIMETRO</b></p>		<p><b>LIV</b></p>	<p>ELETTROLIVELLA</p>
--------------------	-------------------------------	-------------------	---------------------------------	----------------------------	--	-------------------	-----------------------

PLANIMETRIA LIVELLO STAZIONE METRO

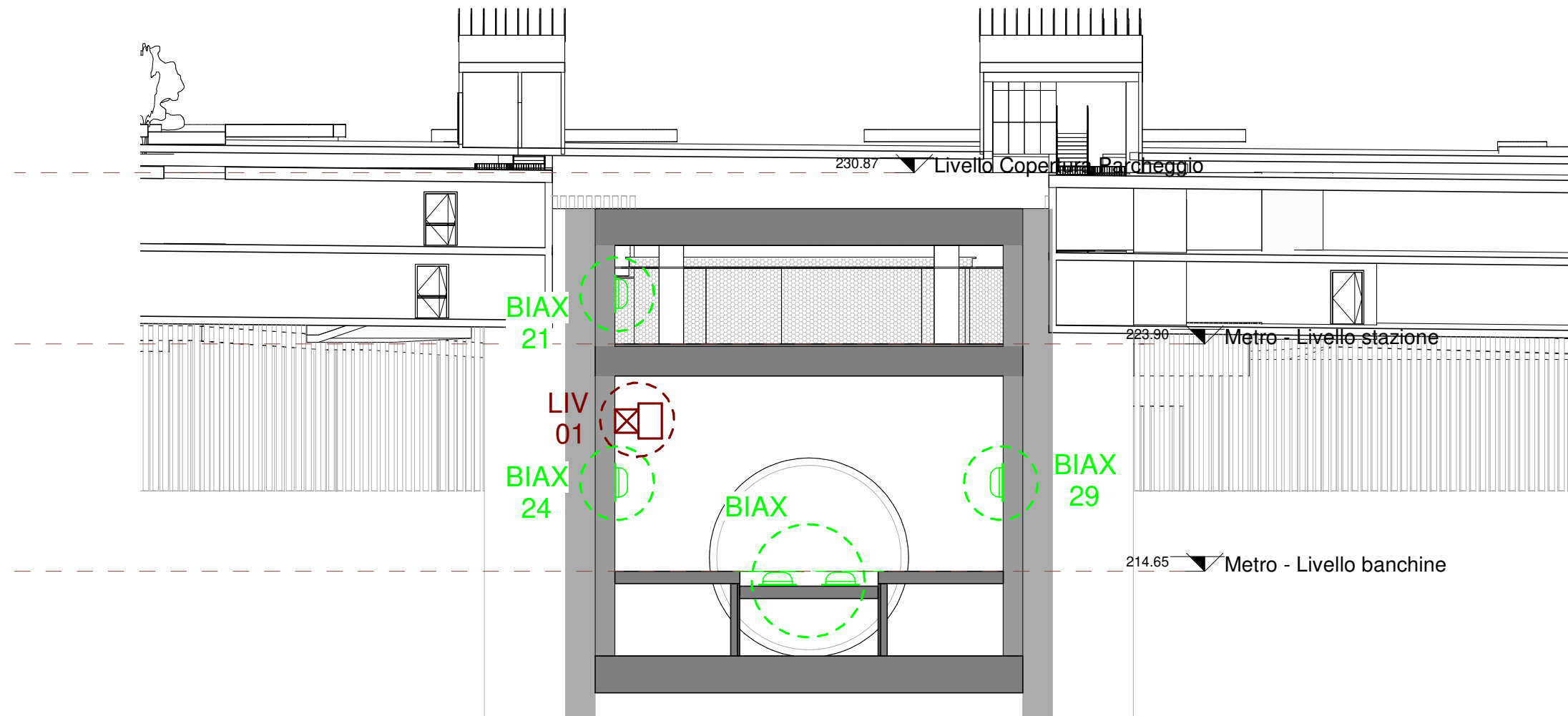




LEGENDA

<p>BIAX</p>	<p>INCLINOMETRO BIASSIALE</p>	<p>REP</p>	<p>RIPETITORE SEGNALE RADIO</p>	<p>FESSURIMETRO</p>	<p>LIV</p> <p>ELETTROLIVELLA</p>
-------------	-------------------------------	------------	---------------------------------	---------------------	----------------------------------

PLANIMETRIA LIVELLO BANCHINE METRO

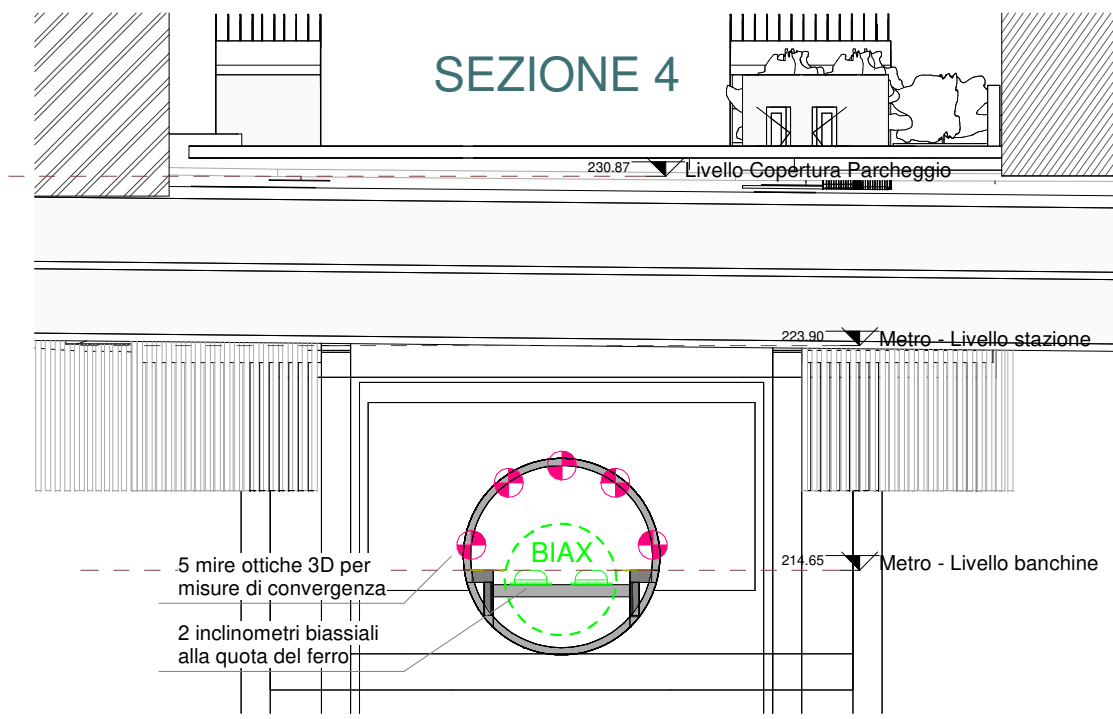
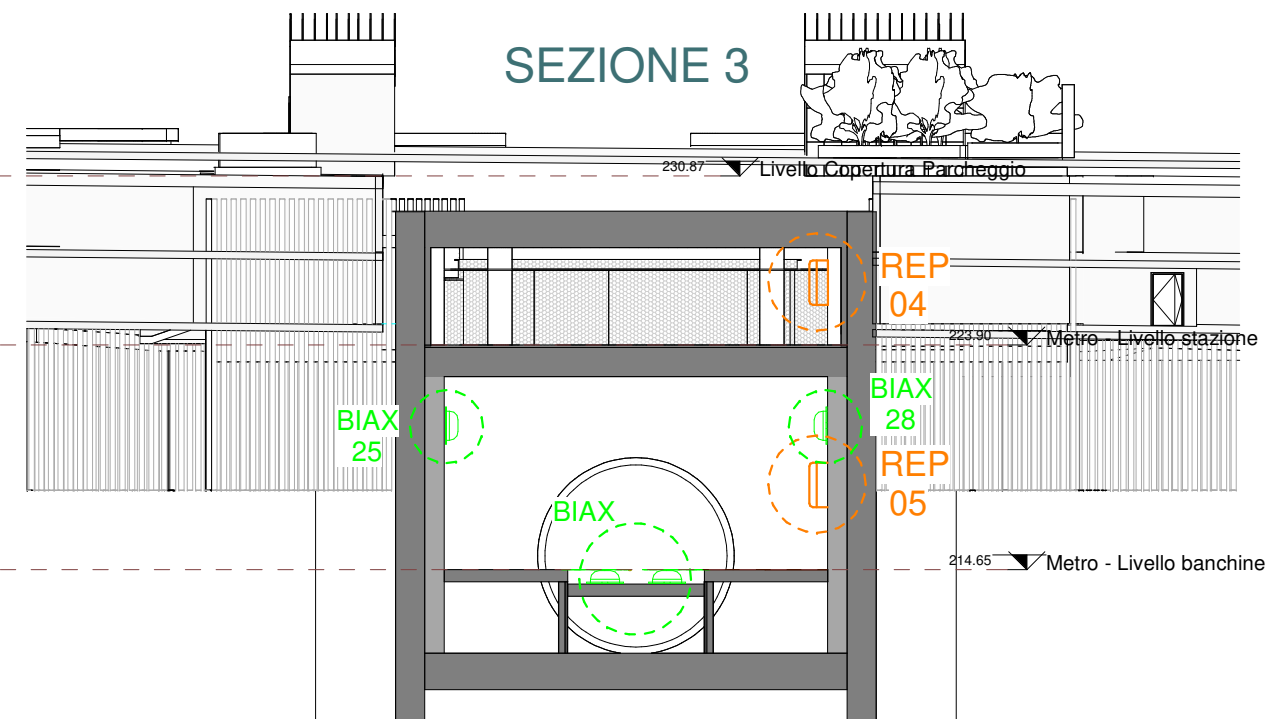
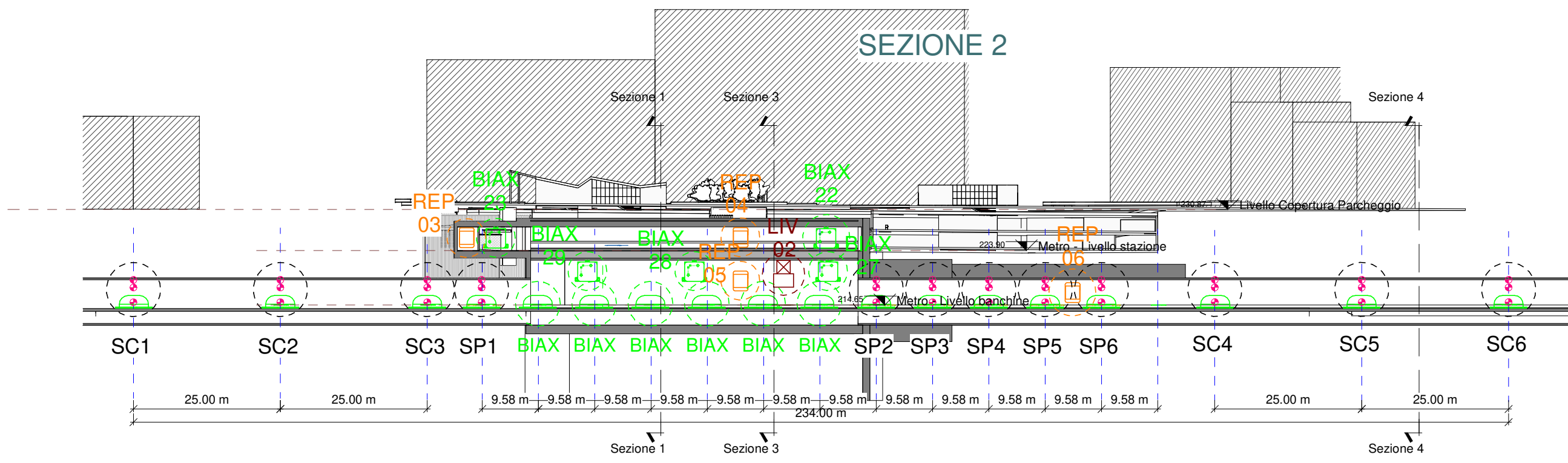


LEGENDA

	<p><b>BIAX</b></p> <p>INCLINOMETRO BIASSIALE</p>		<p><b>REP</b></p> <p>RIPETITORE SEGNALE RADIO</p>		<p><b>FESSURIMETRO</b></p>		<p><b>LIV</b></p> <p>ELETTROLIVELLA</p>
--	--	--	---	--	----------------------------	--	---

SEZIONE 1





LEGENDA			
	<b>BIAX</b> INCLINOMETRO BIASSIALE		
	<b>REP</b> RIPETITORE SEGNALE RADIO		
	<b>FESSURIMETRO</b>		
	<b>LIV</b> ELETTRILIVELLA		

SEZIONI 2-3-4