



# La Linea C della Metropolitana di Roma



*La stazione San Giovanni della Linea C:  
le principali tematiche progettuali*

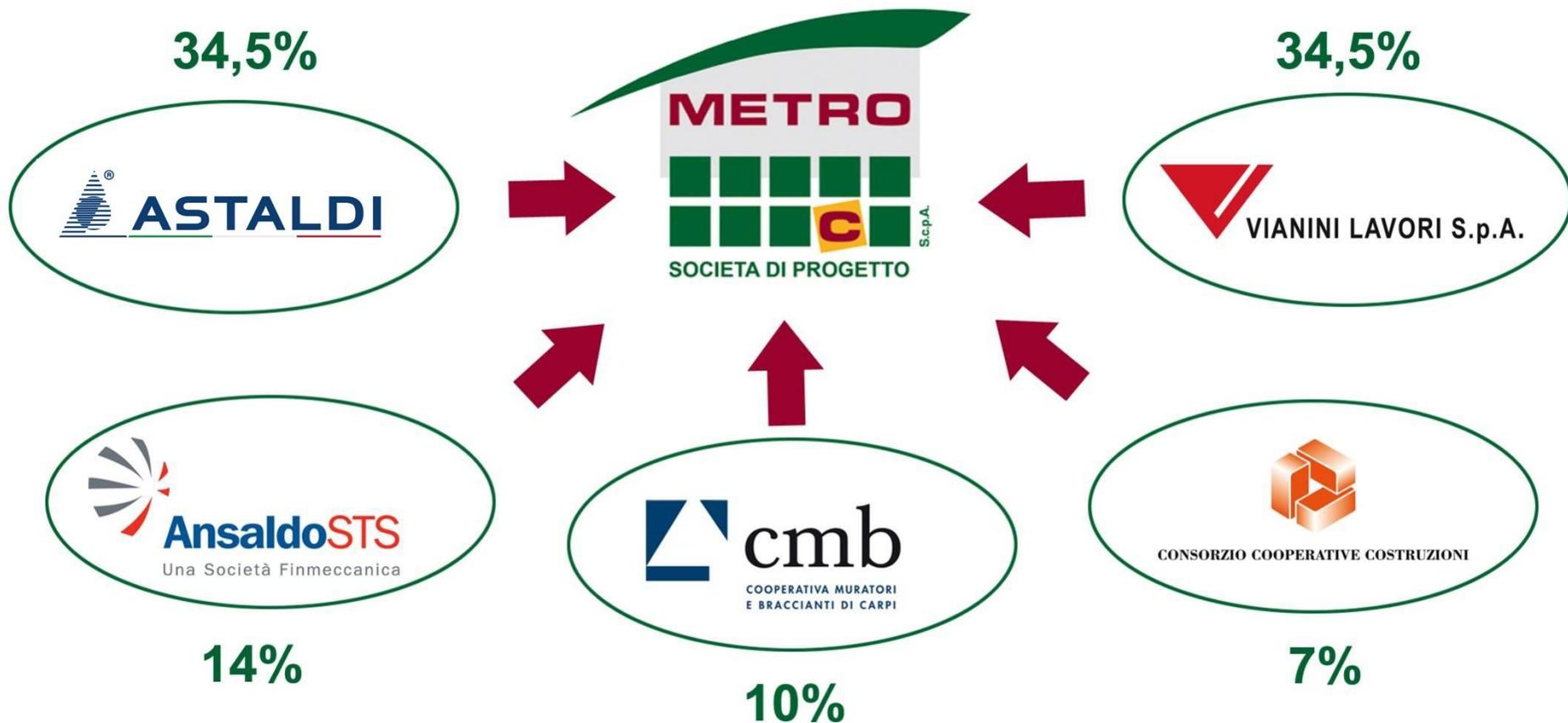
*Eliano Romani*



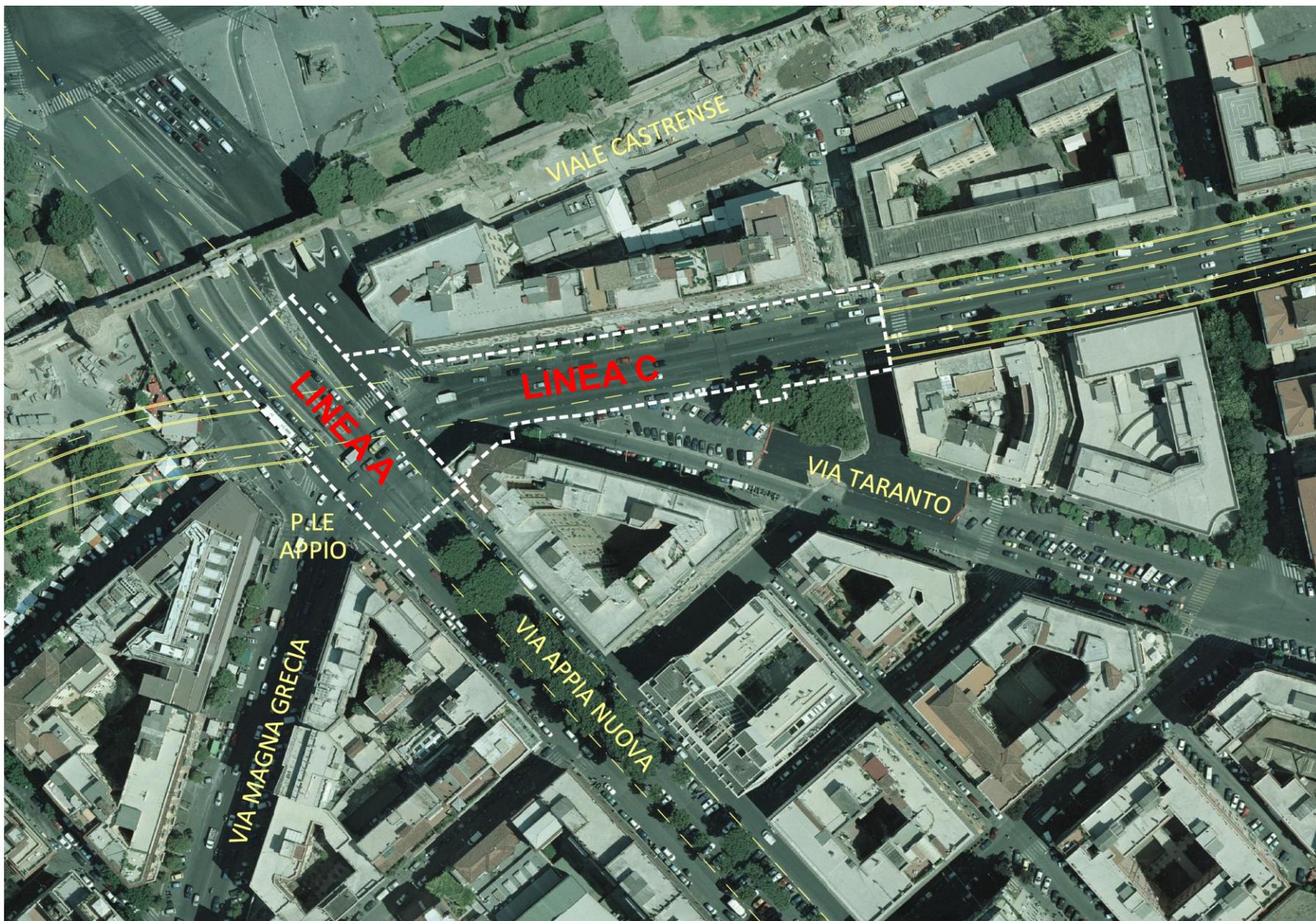
# Metro C scpa: le imprese e l'oggetto dell'affidamento



**Metro C** è il **Contraente Generale** per la realizzazione “chiavi in mano” della nuova Linea C ed è costituita dalle seguenti imprese con mandataria Astaldi:



# La stazione San Giovanni lungo via La Spezia



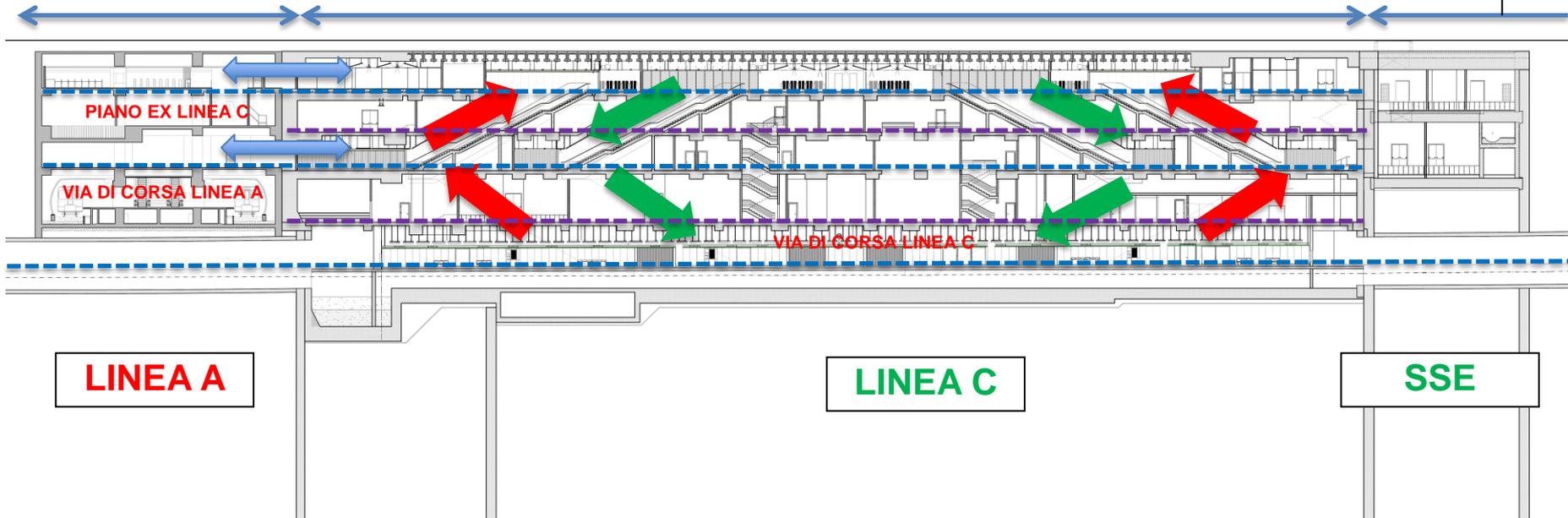
# La stazione San Giovanni

## Sezione longitudinale – Linea C e Linea A

**SOTTOATTRAVERSAMENTO**  
Lunghezza 35.00 m

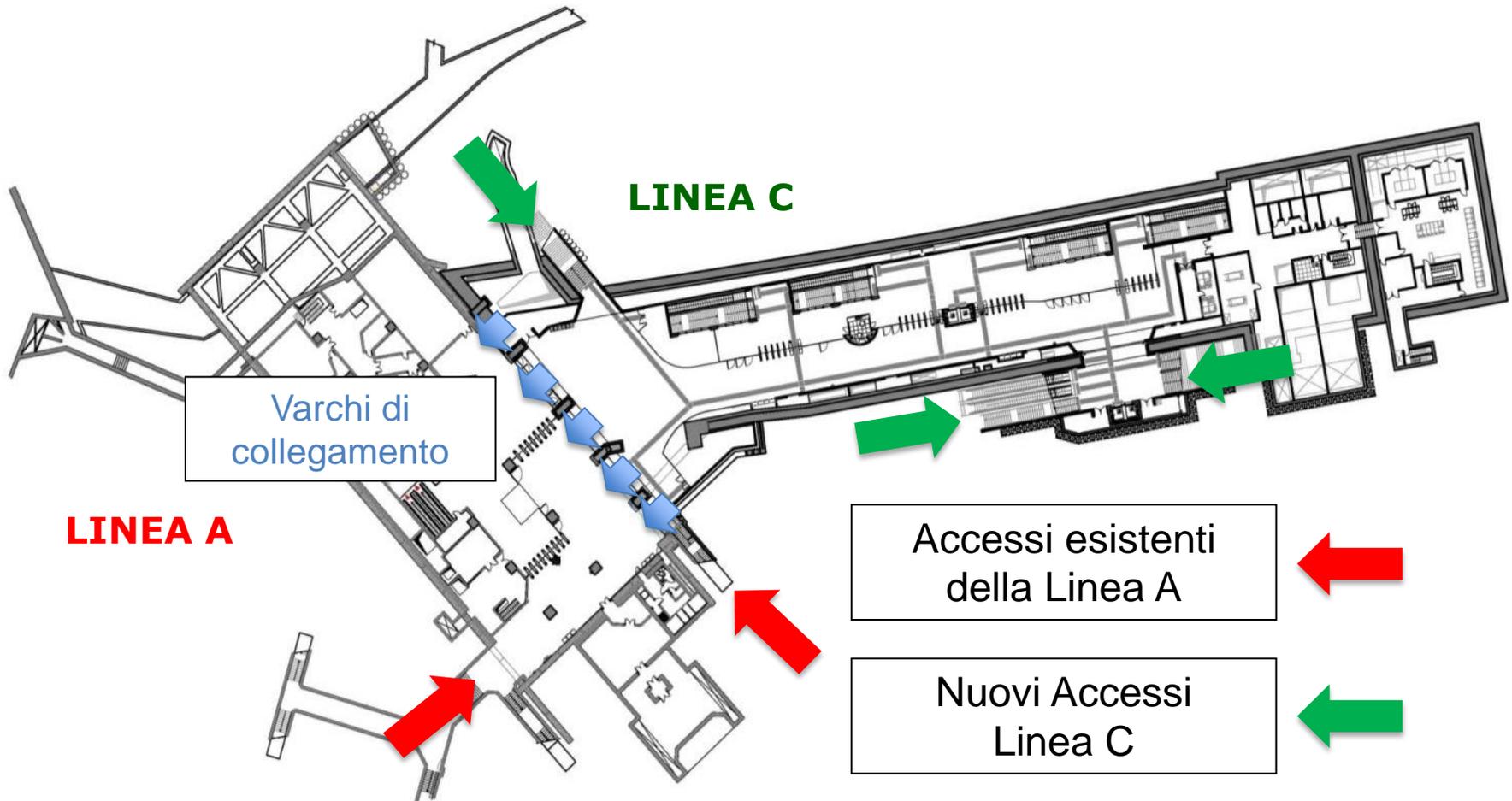
**MANUFATTO DI STAZIONE**  
Lunghezza 140 m - Larghezza 20.00 m  
Profondità 35.00m da p.c.

**GALLERIA IN TBM**



# La stazione San Giovanni

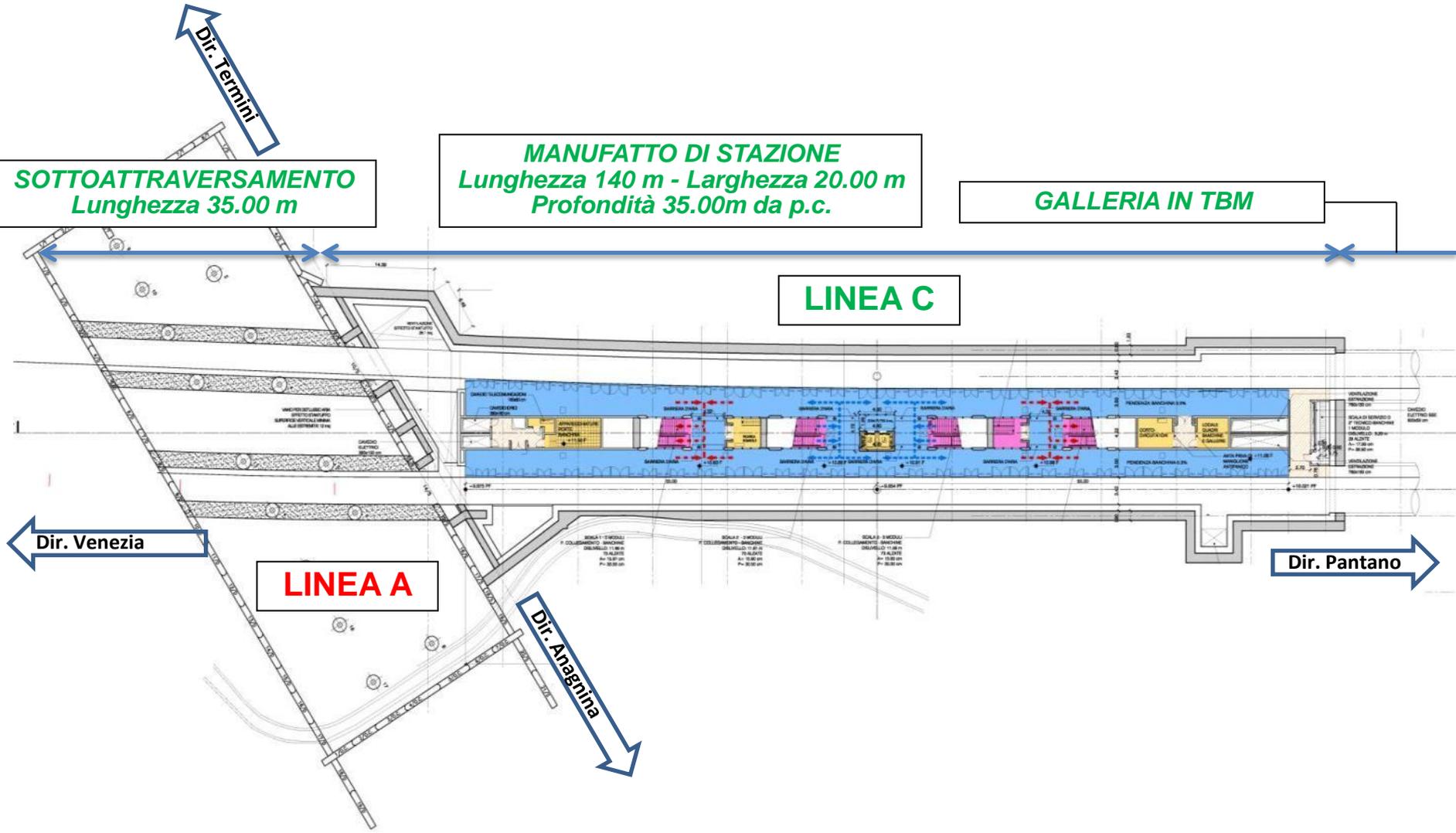
## Piano atrio





# La stazione San Giovanni

## Piano banchina Linea C



**SOTTOATTRAVERSAMENTO**  
Lunghezza 35.00 m

**MANUFATTO DI STAZIONE**  
Lunghezza 140 m - Larghezza 20.00 m  
Profondità 35.00m da p.c.

**GALLERIA IN TBM**

**LINEA C**

**LINEA A**

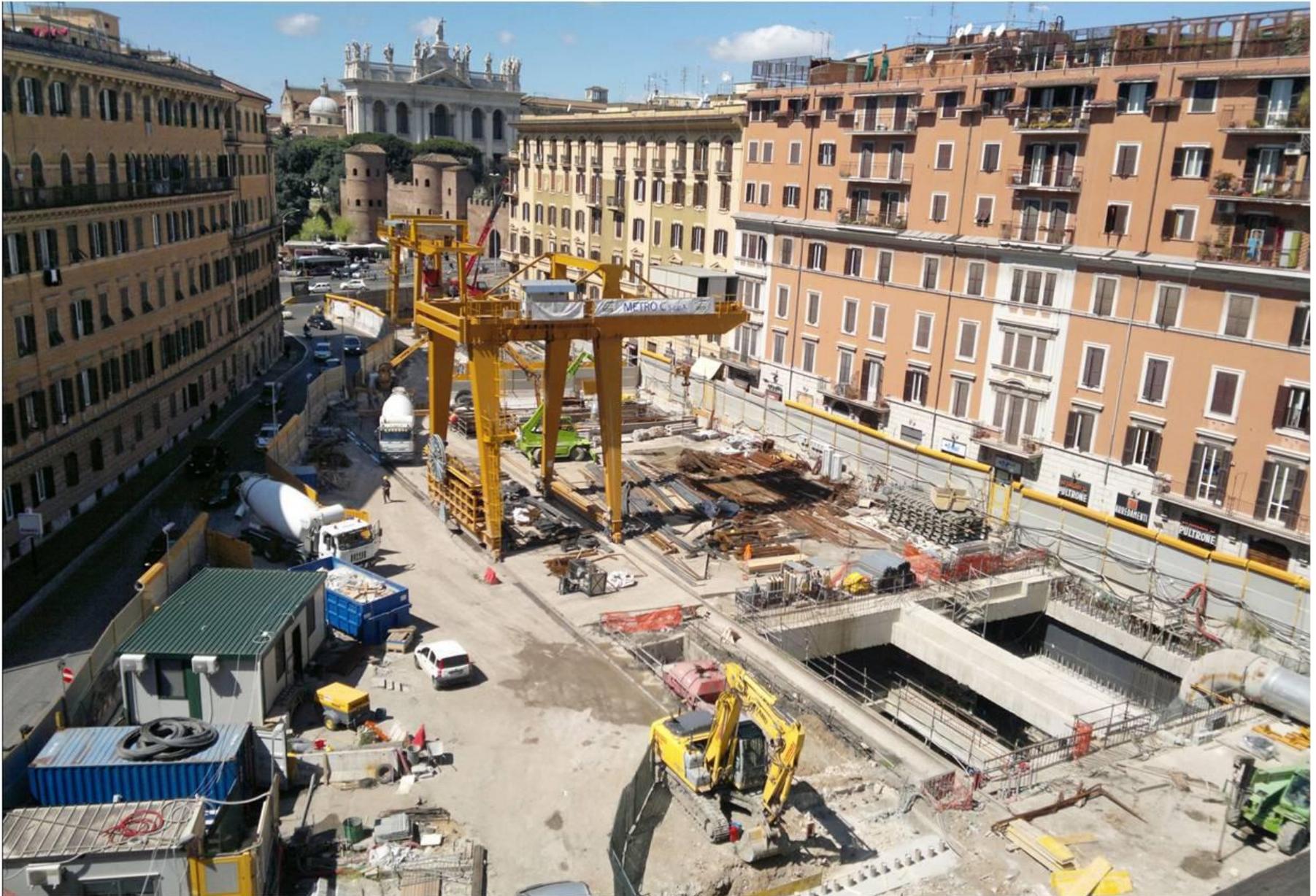
Dir. Termini

Dir. Venezia

Dir. Anagnina

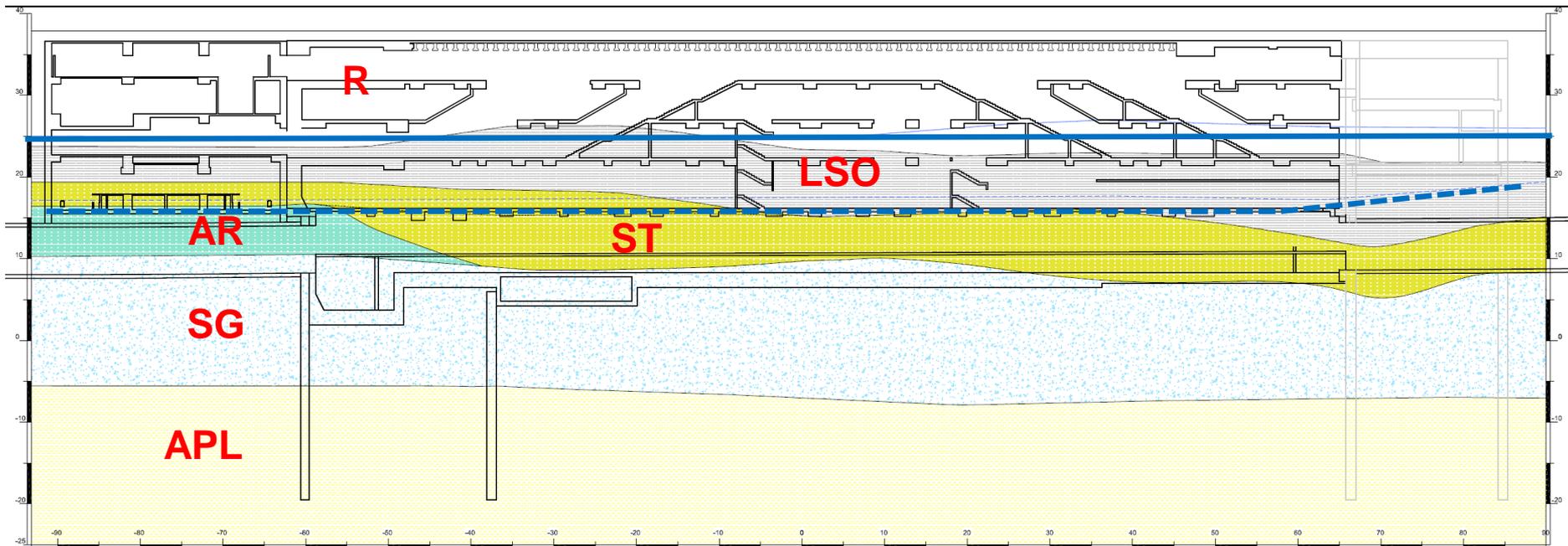
Dir. Pantano

# La stazione San Giovanni lungo via La Spezia



# La stazione San Giovanni lungo via La Spezia

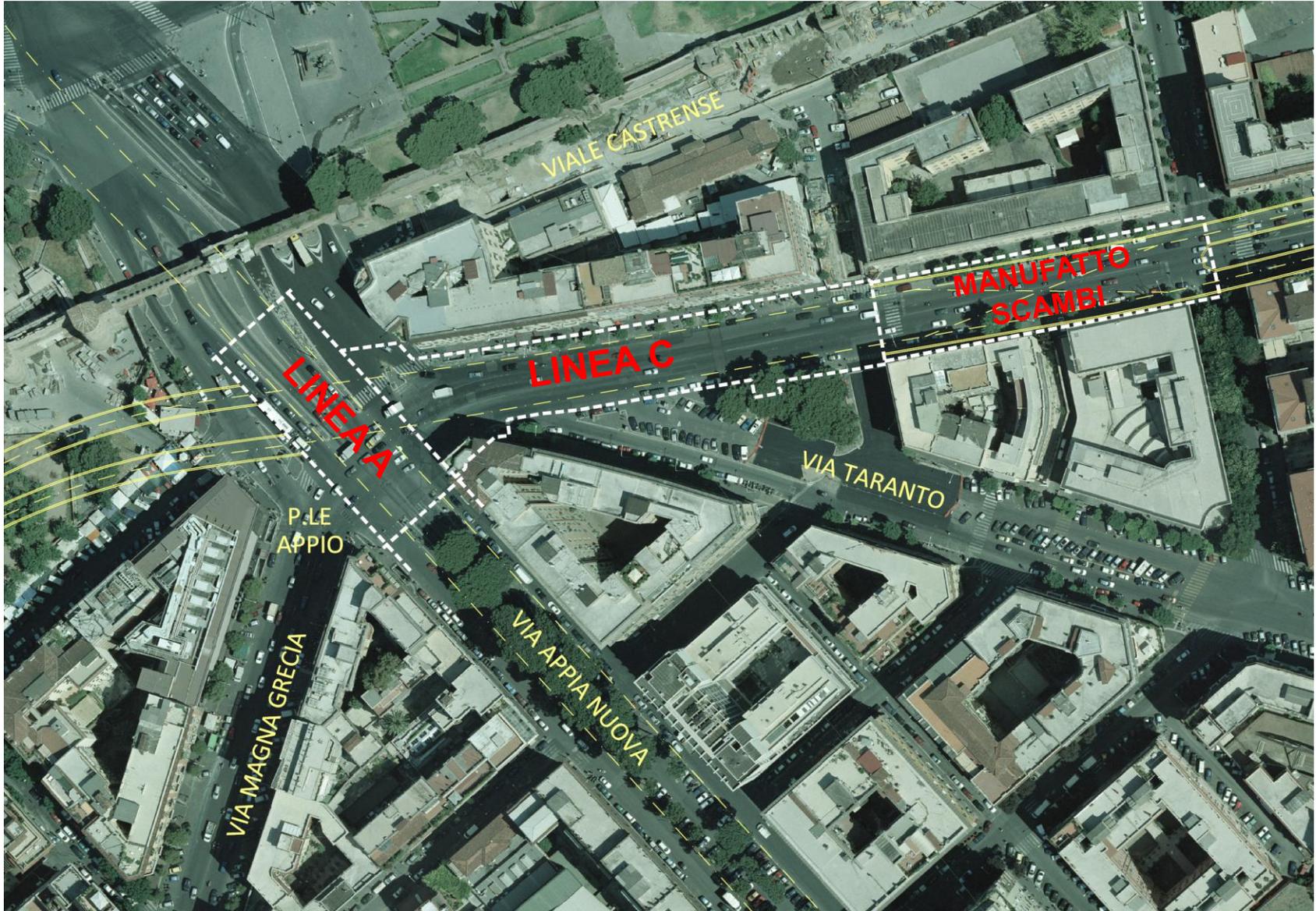
## Inquadramento idrogeologico e geotecnico



<p>R</p>	<p>R - Terreni eterogenei con matrice sabbiosa, limosa ed argillosa, costituiti da materiali piroclastici alterati e rimaneggiati; frequenti frammenti di tufo e laterizi.</p>		<p>ST - sabbie limose giallastre con concrezioni carbonatiche e locali livelli travertinosi; da mediamente a molto addensate; a luoghi intercalazioni di limi argillosi consistenti e livelli di ghiaia fina. STa - limi sabbiosi argillosi e argille limose avana consistenti con intercalazioni centimetriche di sabbia fine avana (<math>R_p &gt; 2</math>)</p>		<p>SG - ghiale sabbiose con orizzonti sabbiosi; molto addensate. Al tetto è talora presente uno strato di sabbie fini avana debolmente limose, addensate.</p>
	<p>LSO - Limi sabbiosi e sabbie limose con argilla, talora con livelli sabbiosi-ghialosi, costituiti prevalentemente da materiali piroclastici alterati e rimaneggiati; talora nerastri per la presenza di sostanza organica.</p>		<p>AR - Limi argillosi e argille limose grigiastri, mediamente consistenti.</p>		<p>APL - Argille limose e limi argillosi grigio-azzurri, con livelli sabbiosi grigiastri, molto consistenti</p>

# La stazione San Giovanni

## Il Progetto posto a base di gara



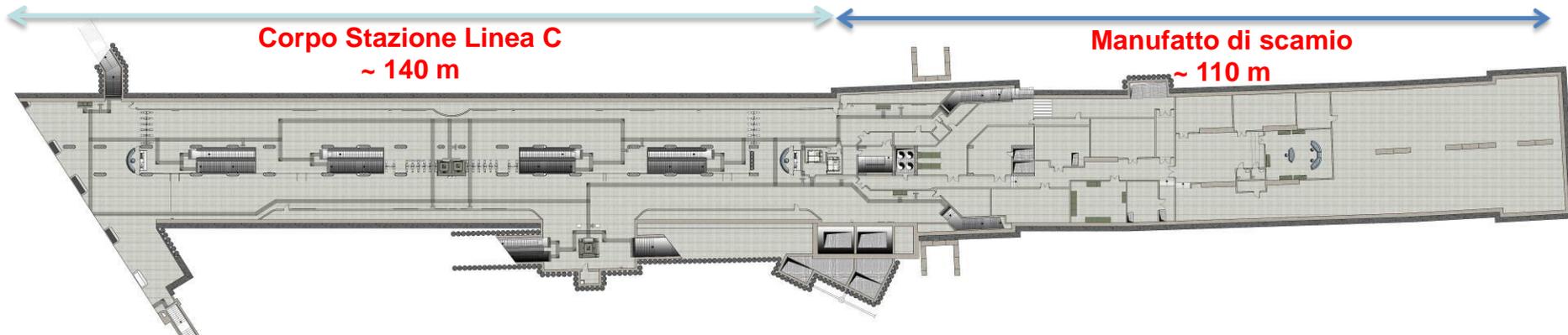
# La stazione San Giovanni

## Il Progetto posto a base di gara

Lunghezza del manufatto ~250 m – Profondità del solaio di fondo da p.c. ~20 m

Manufatto fra paratie di spessore 80 cm, realizzate a circa ~2,00 m dagli edifici di via La Spezia

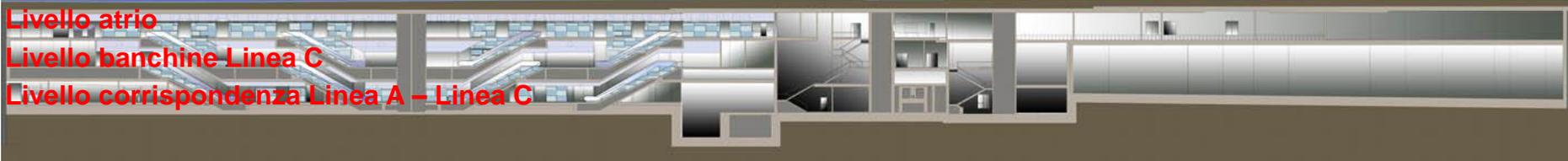
Trattamento del fondo scavo con colonne in jet grouting per l'impermeabilizzazione e la garanzia di stabilità



Livello atrio

Livello banchine Linea C

Livello corrispondenza Linea A – Linea C



# La stazione San Giovanni

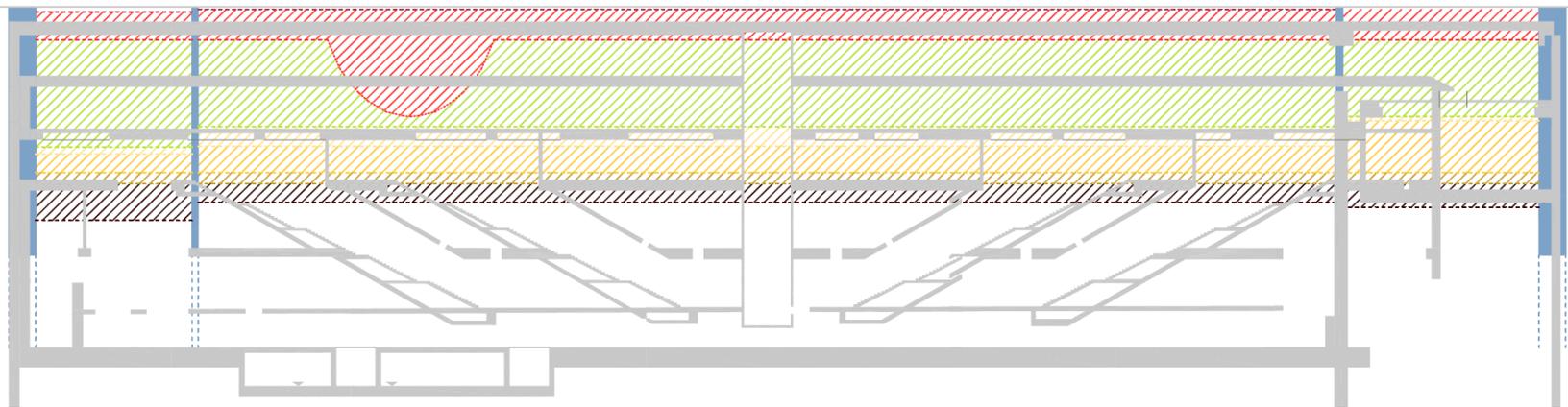
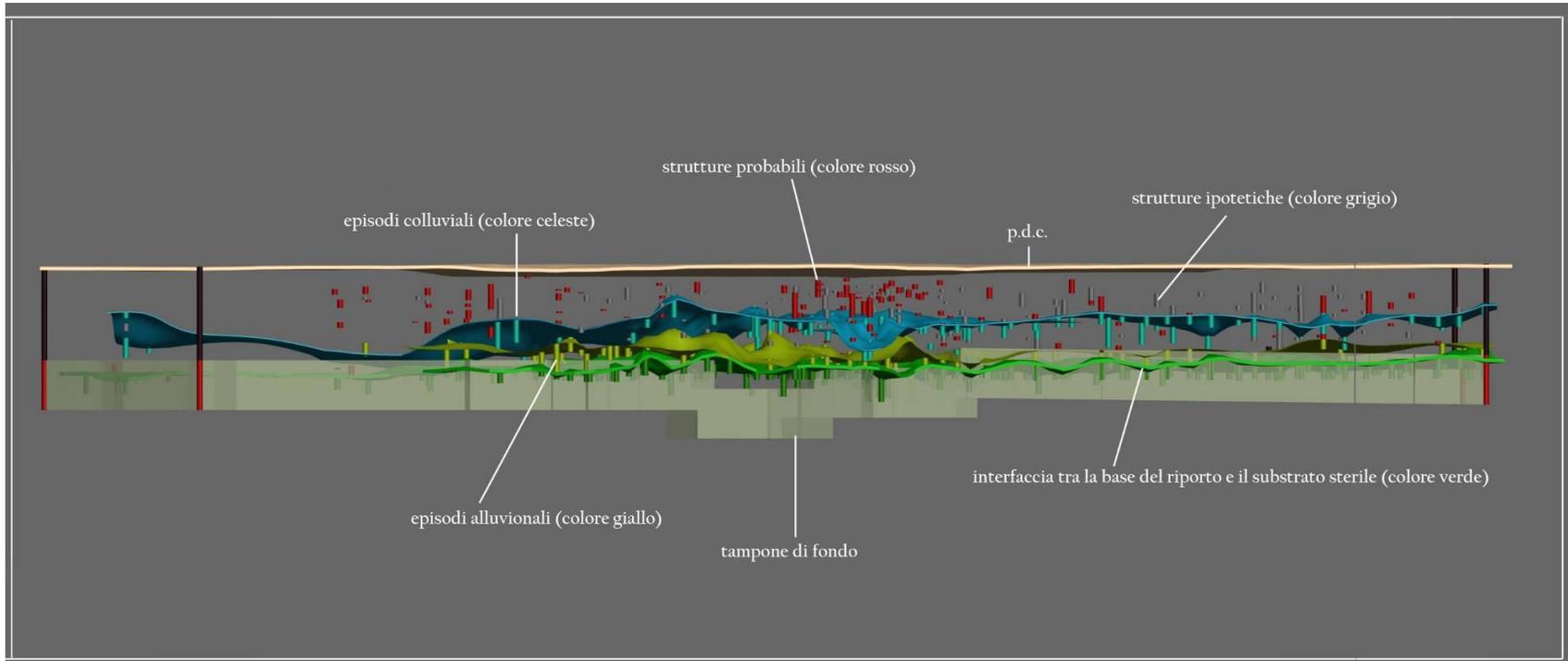
## Le indagini archeologiche del 2007



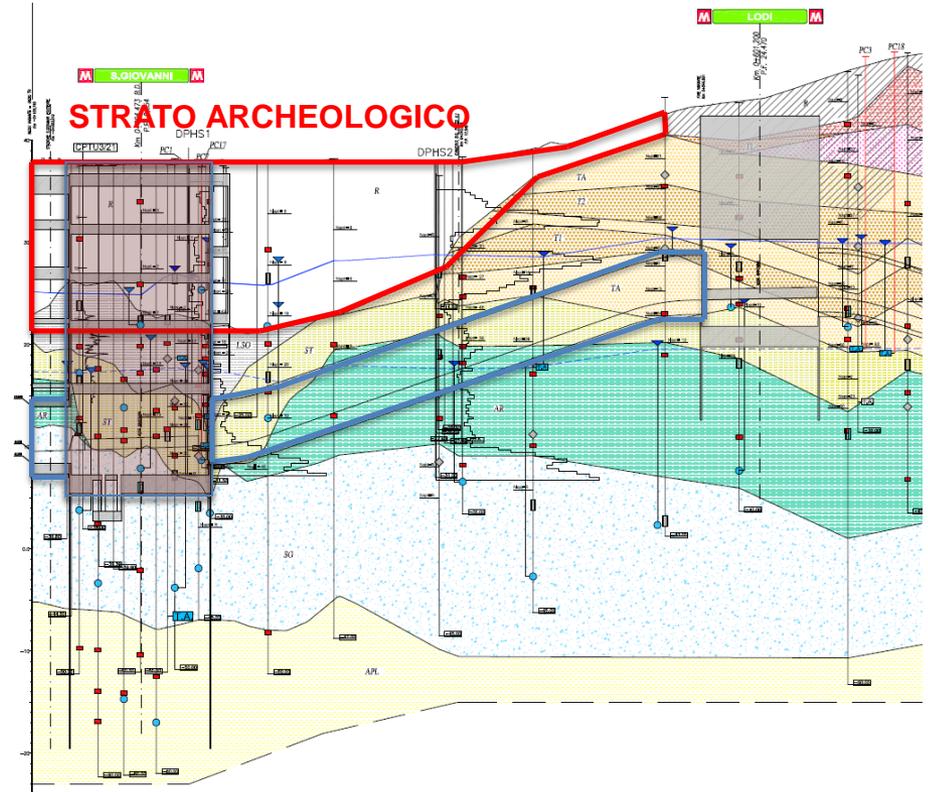
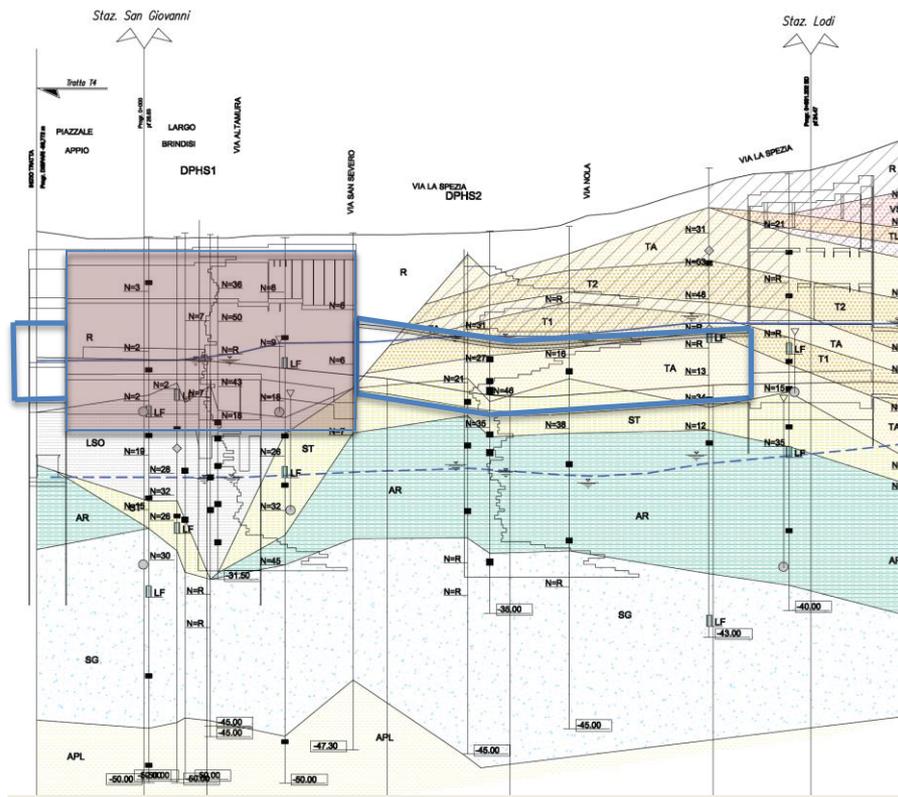
A seguito dei carotaggi archeologici preventivi nel Cantiere di San Giovanni (~500) e agli scavi archeologici di Prima Fase sulla Tratta T3 (Giardini di via Sannio) la Soprintendenza Archeologica di Roma ha prescritto l'impossibilità di effettuare consolidamenti del terreno da piano campagna, richiedendo scavi a cielo aperto all'interno degli strati archeologici anche nei tratti di galleria compresi tra le stazioni

# La stazione San Giovanni

## Le indagini archeologiche del 2007: ricostruzione dei sondaggi effettuati



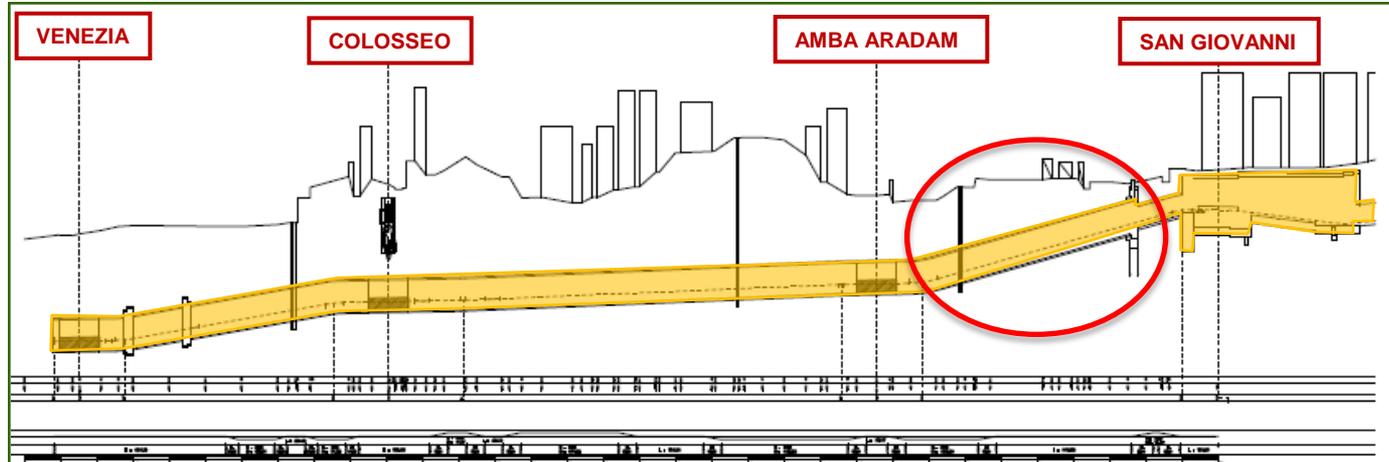
# Variante Altimetrica San Giovanni - Lodi (esclusa)



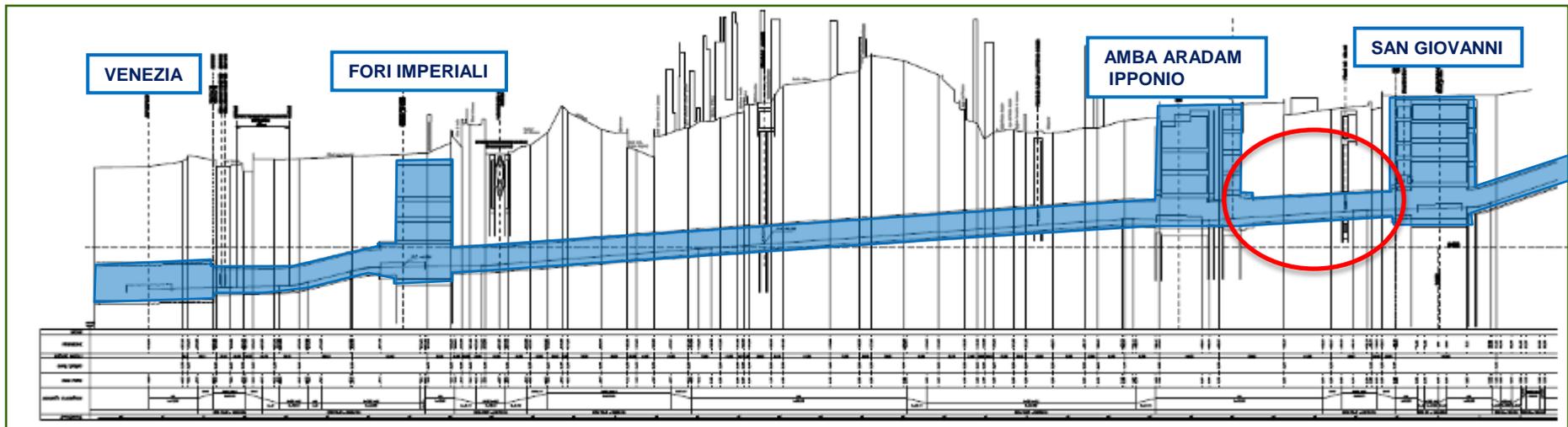
**Abbassamento della livelletta a partire dalla Stazione Lodi (esclusa) in modo da eliminare l'interferenza delle gallerie della Tratta T3 con gli strati archeologici e riduzione della lunghezza del manufatto tra paratie spostando la comunicazione ferroviaria a croce all'interno di un altro manufatto speciale denominato «TBM MALATESTA»**

# Variante Altimetrica San Giovanni - Lodi (esclusa)

## Progetto Base Gara

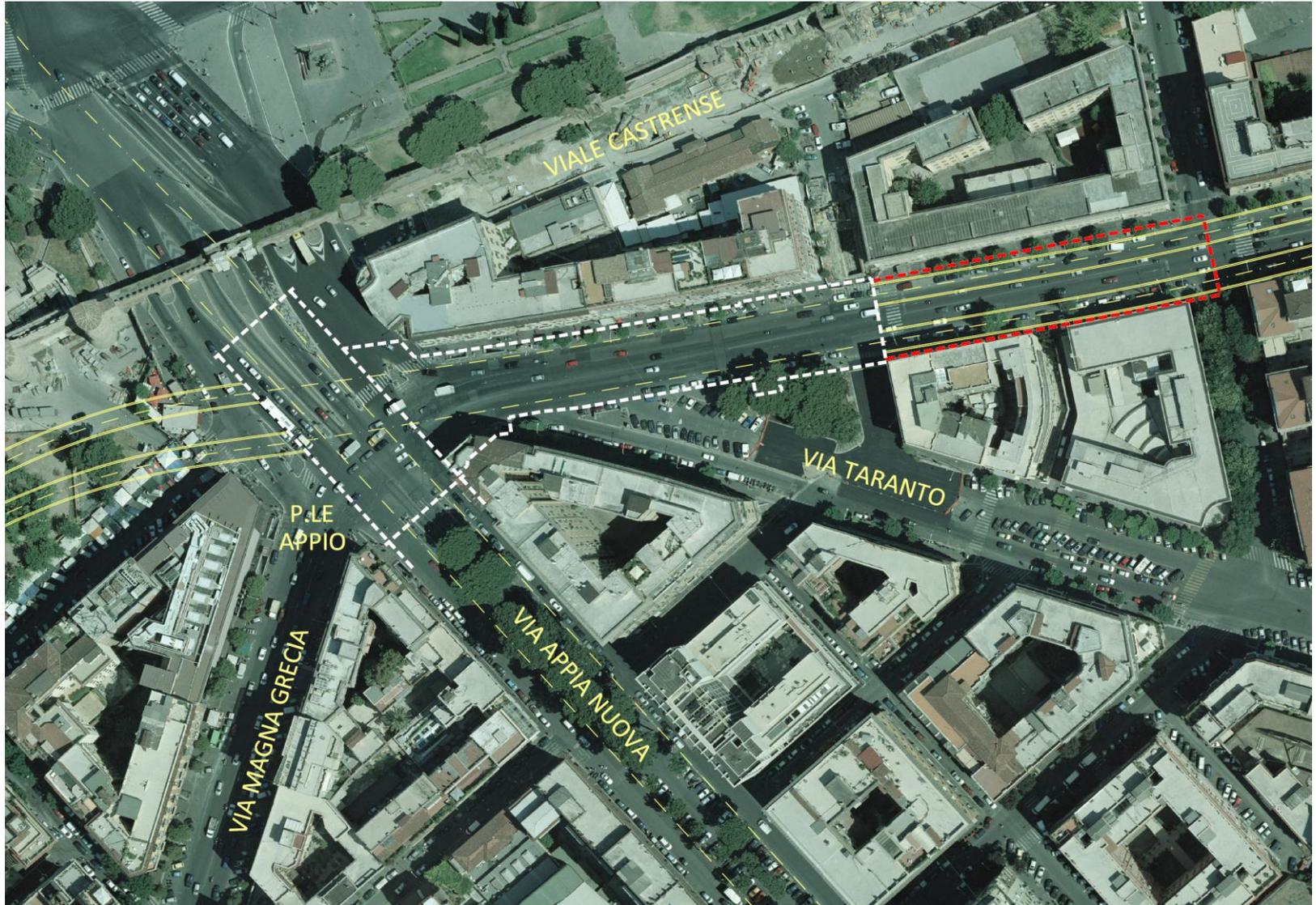


## Progetto di Variante



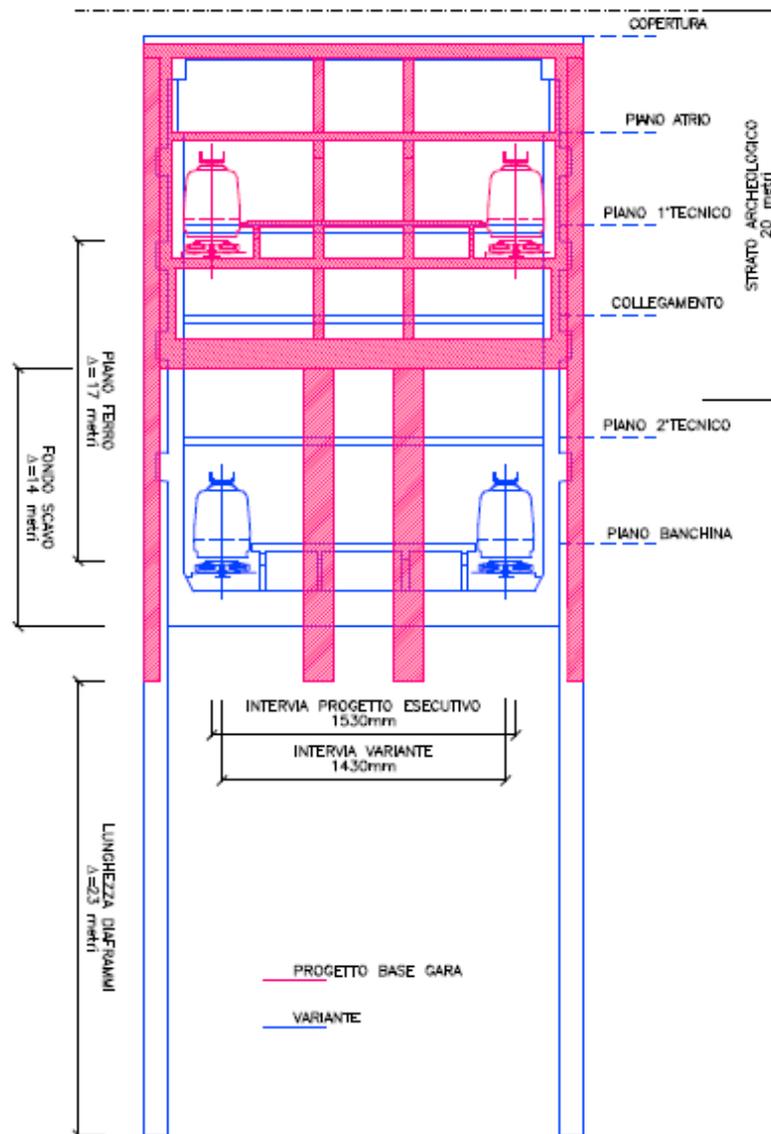
# La stazione San Giovanni

**Accorciamento del manufatto tra paratie da 250 m a 140 m**  
**Approfondimento del manufatto da 20 m a circa 35 m**



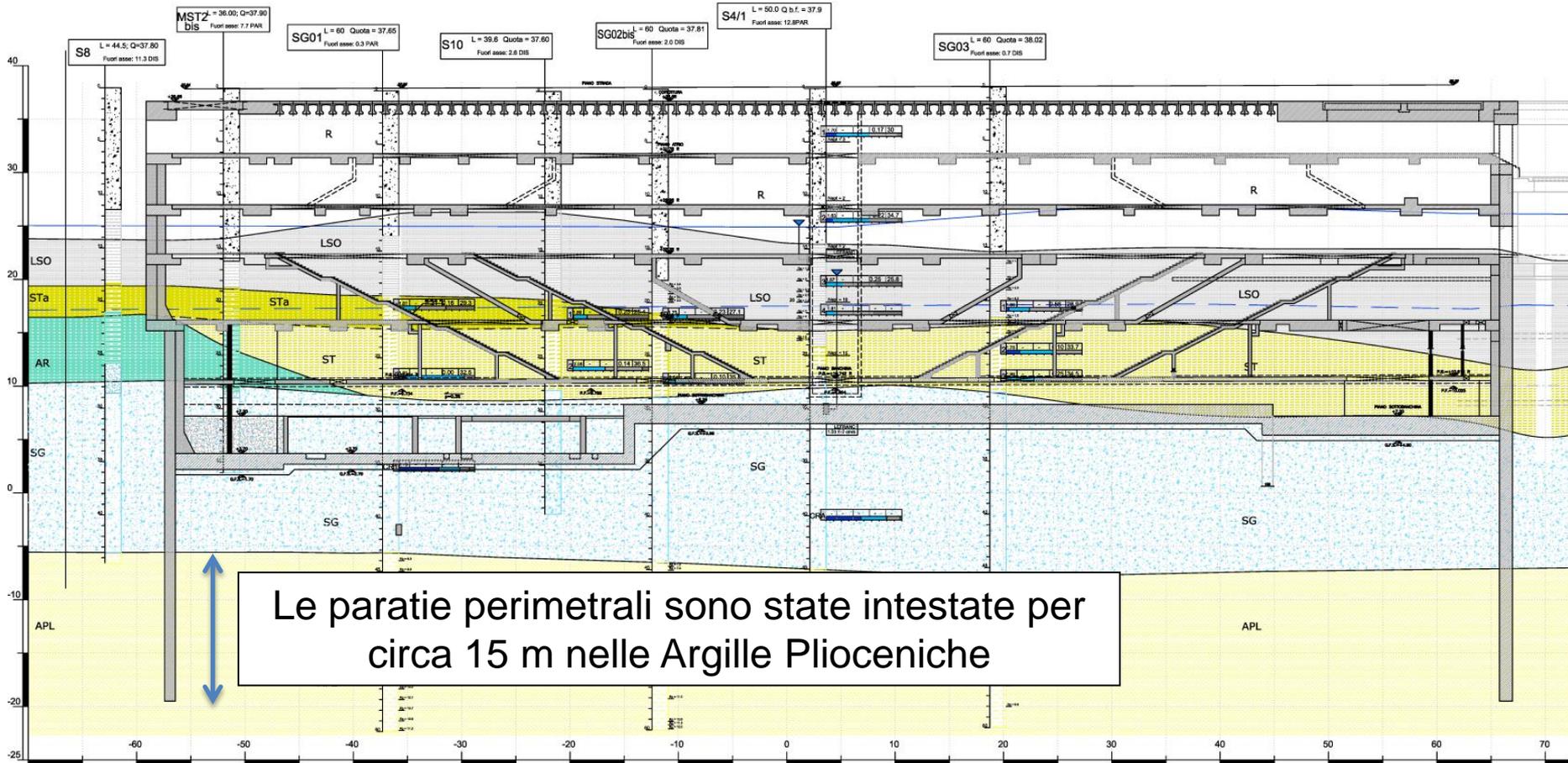
# La stazione San Giovanni

## La variante San Giovanni confronto sovrapposizione delle due soluzioni



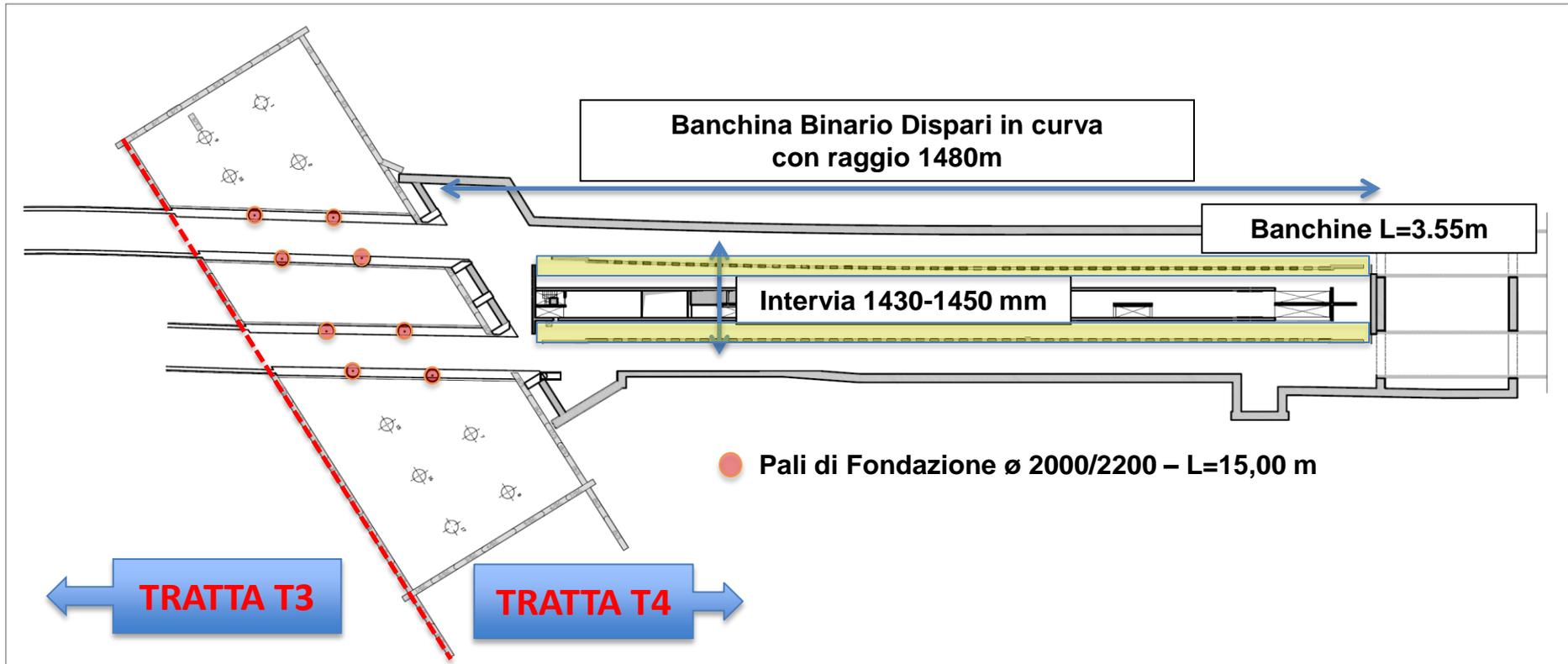
# La stazione San Giovanni

## Eliminazione tappo di fondo - Approfondimento delle paratie (1200) fino alle APL



# La stazione San Giovanni

## Vincoli planimetrici di tracciato e standard Linea C

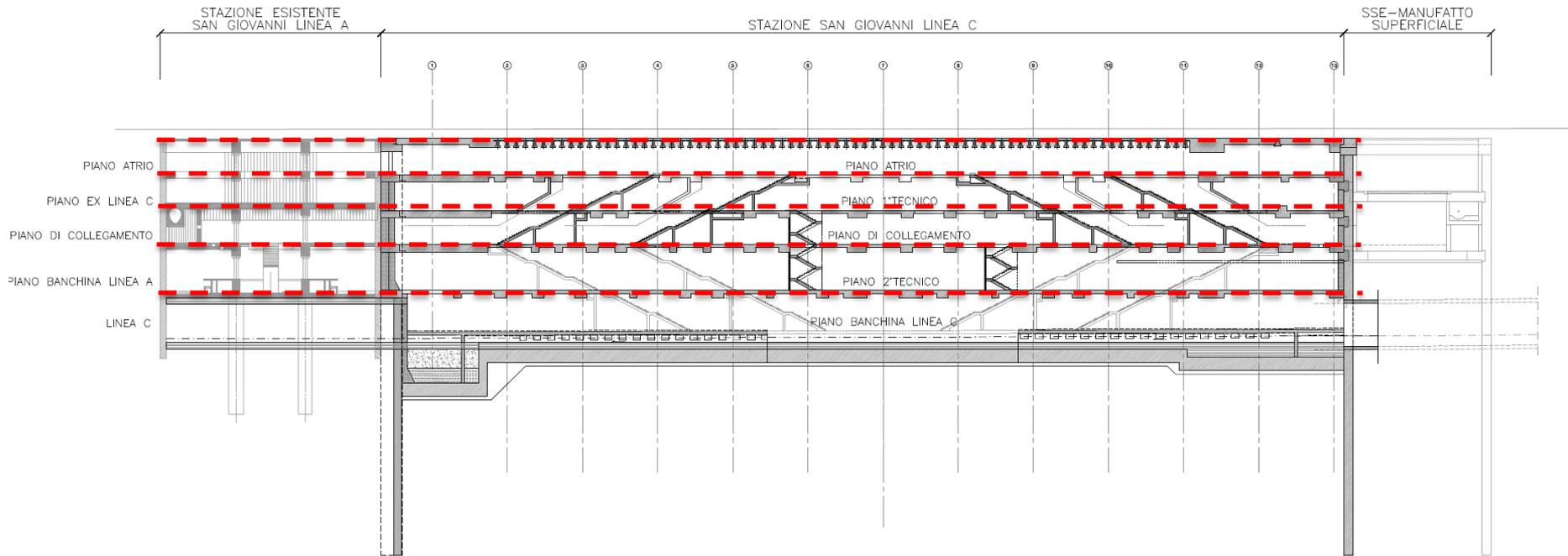


La presenza dei pali di fondazione della Stazione Esistente San Giovanni Linea A costituisce un vincolo per l'intervia posto necessariamente pari a 1430-1450 mm.

Lo standard della Linea C impone banchine di larghezza pari a 4.00 m, ridotto a 3.55 m per la stazione San Giovanni, non ha reso possibile l'inserimento di appoggi intermedi per il sostegno dei solai che devono avere una luce di circa 20,00 m.

# La stazione San Giovanni

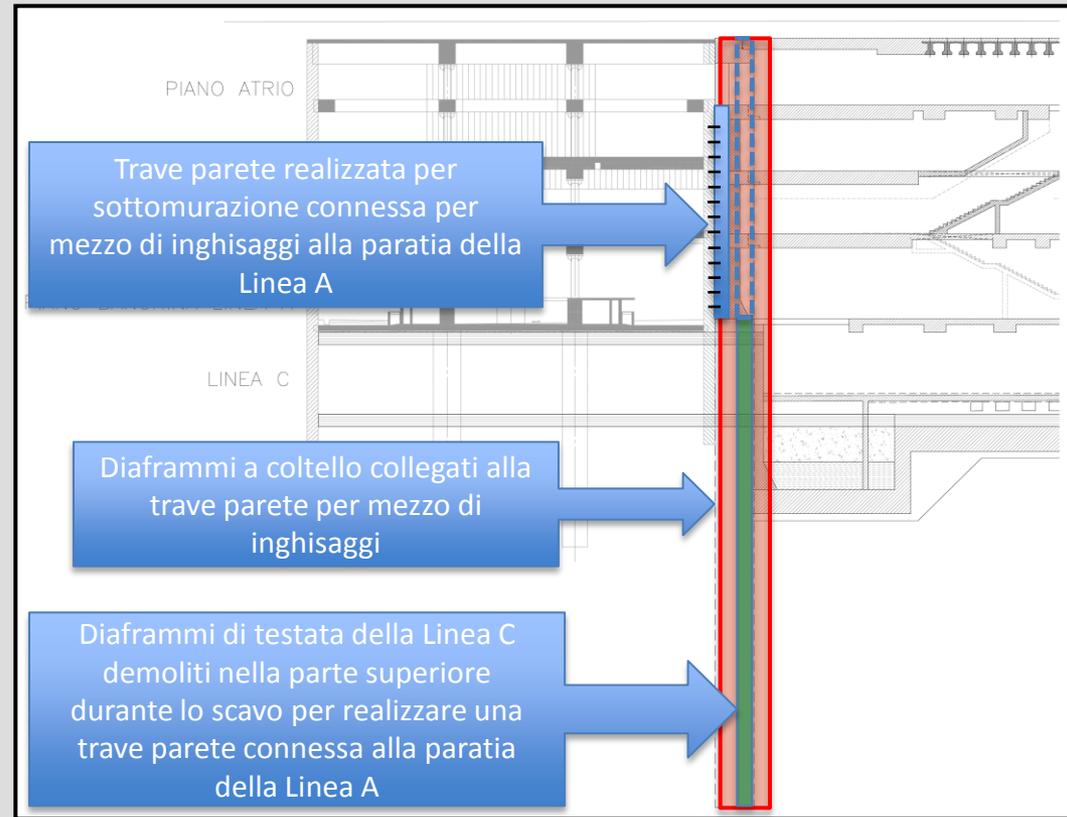
## Vincoli Altimetrici



**Altimetricamente, la posizione dei solai risultava obbligata dalla comunicazione con la Linea A e dalla presenza della Stazione Esistente. Per non alterare l'equilibrio nei confronti delle azioni orizzontali i solai delle 2 stazioni dovevano necessariamente essere allineati e lo spessore non poteva superare 1.00 m di spessore per garantire le altezze necessarie al passaggio degli impianti e la fruibilità degli spazi.**

# La stazione San Giovanni

## Connessione strutturale tra i manufatti Linea A – Linea C



La Stazione esistente non ha fodere interne, le paratie perimetrali si contrappongono alle azioni orizzontali del terreno e dell'acqua e costituiscono la struttura portante per i carichi verticali.

La paratia della Linea A viene sottofondata per mezzo dei diaframmi della Linea C connessi all'esistente in modo da trasferire i carichi verticali agli strati profondi di terreno (SG e APL).

## Nuovo scenario: vincoli, limitazioni e necessità di progetto

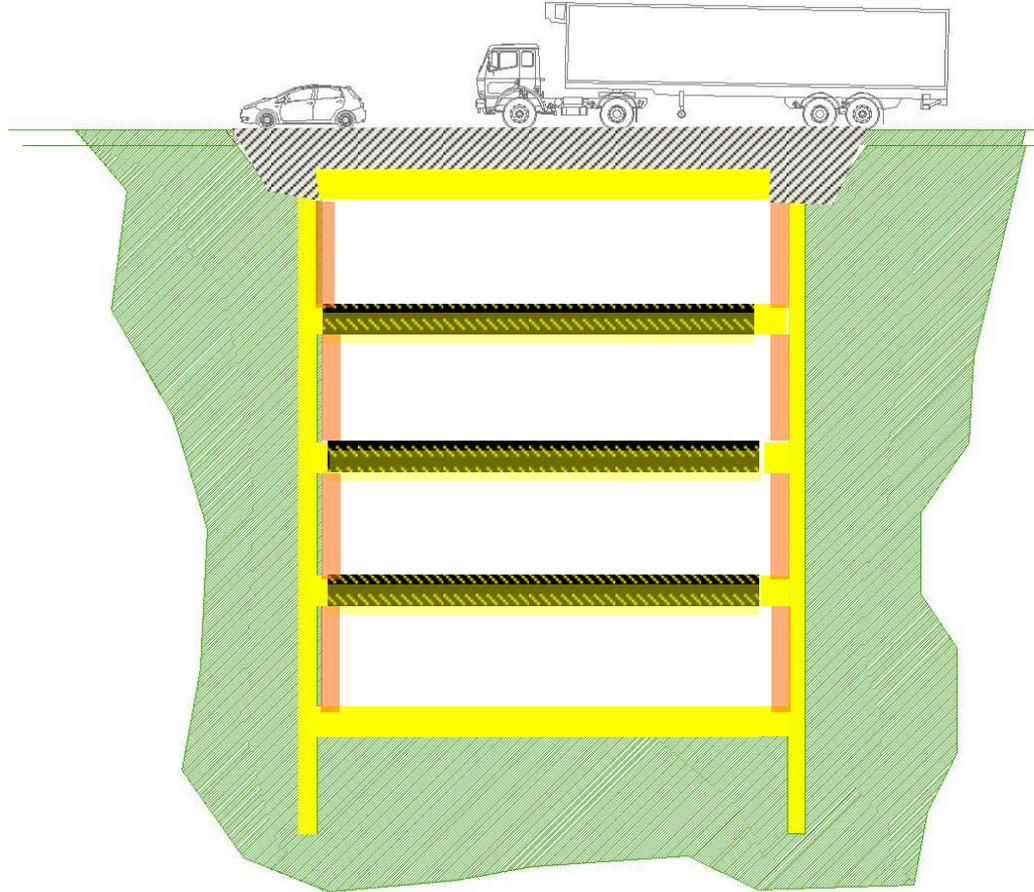
- La necessità di scavare il corpo stazione contrastando efficacemente le paratie in modo da limitarne la deformata a causa della presenza degli edifici in adiacenza (~2.00 m)
- L'impossibilità di realizzare il tappo di fondo con conseguente approfondimento della paratie nelle APL
- La richiesta della Soprintendenza Archeologica di Roma di scavare gli strati archeologici con un'altezza minima di 3 m sotto copertura con la conseguente impossibilità di gettare i solai contro terra
- Limitare al minimo i banchinaggi e l'utilizzo di puntelli metallici provvisori, poco efficaci per il contrasto della paratie, in modo da ridurre i tempi di realizzazione
- L'impossibilità di modificare l'intervio (14,50 m) per la presenza dei pali della Linea A con la conseguente irrealizzabilità di appoggi intermedi dei solai per ridurre la luce di 19.50 m
- La limitazione dello spessore massimo dei solai a 1.00 metro per garantire il passaggio degli impianti e la fruibilità degli spazi



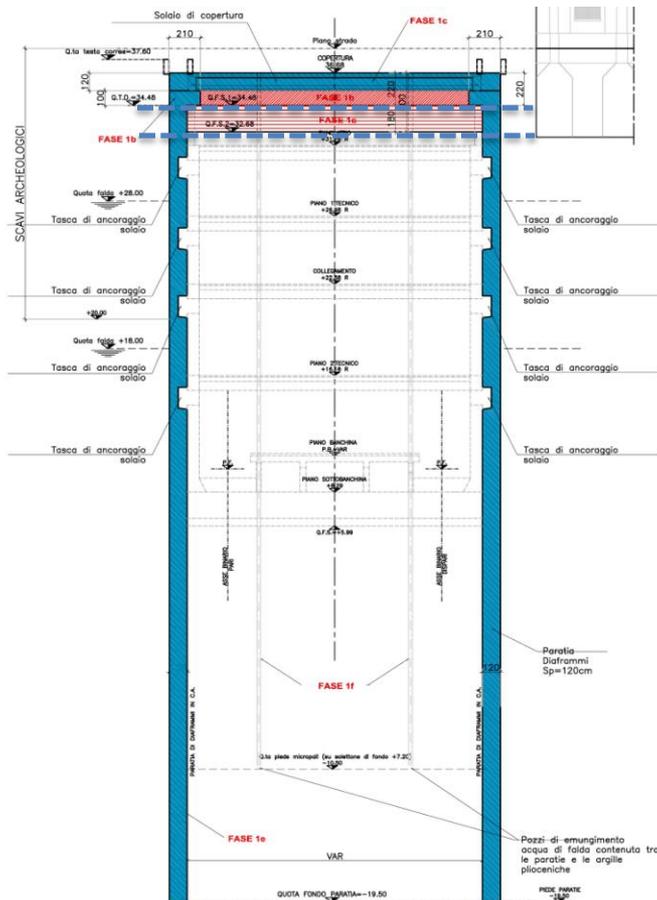
**Studio di un Sistema di Scavo in Top – Down adatto al manufatto a scatola della Stazione di San Giovanni prevedendo l'utilizzo diffuso di strutture prefabbricate autoportanti in fase di getto come Travi Tralicciate in acciaio e predalle nervate**

# La stazione San Giovanni

## La scelta del sistema di scavo in Top-Down misto per la stazione San Giovanni



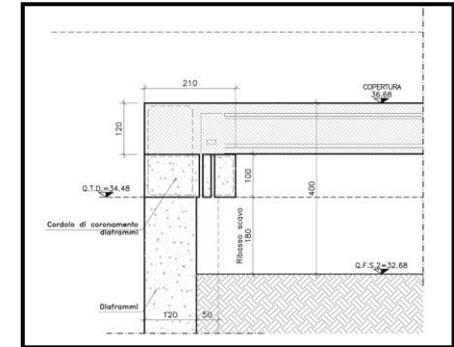
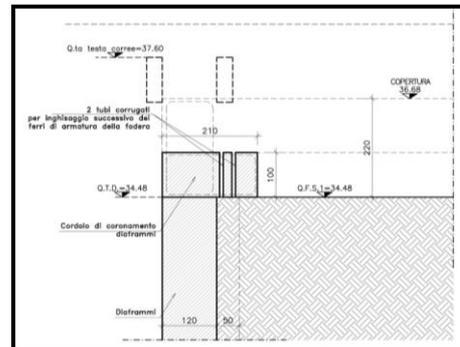
# Le fasi realizzative della Stazione San Giovanni



## FASE 1

- Scavo fino a q.ta **34,48** (~4.50 m da p.c.) e realizzazione cordolo coronamento

Vista l'impossibilità di lasciare le attese per le fodere negli strati archeologici ancora non scavati, sono stati annegati nel getto del cordolo di coronamento 2 tubi corrugati Ø80 passo 40 cm per il futuro inghisaggio dei ferri della fodera

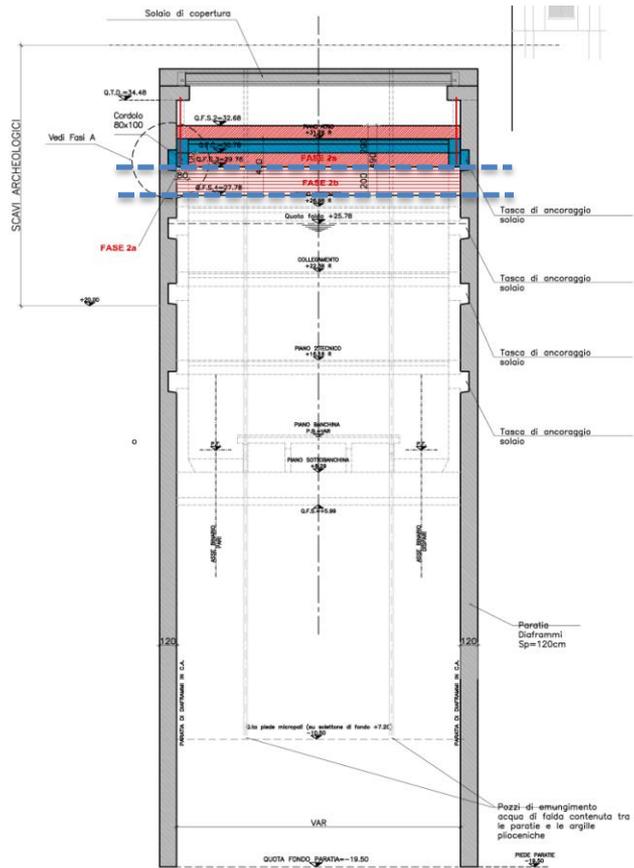


- Scavo fino a q.ta **32,68** (~6.50 m da p.c.)

- Posa in opera delle travi prefabbricate di copertura – H = 95 cm

- Getto in opera dei nodi di continuità e della soletta di completamento sp. 25 cm

# Le fasi realizzative della Stazione San Giovanni

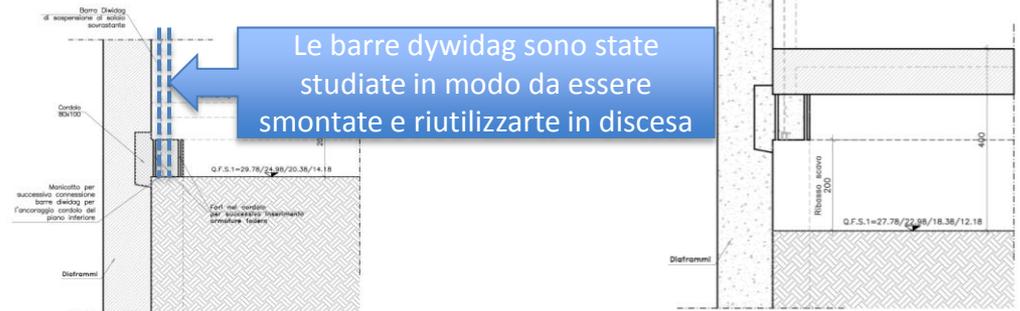


## FASE 2

- Scavo sotto copertura fino a **29,78** (~9.00 m da p.c.)
- Realizzazione cordolo perimetrale in c.a. per l'esecuzione del piano atrio appoggiato alle tasche ricavate nei diaframmi e appeso al solaio di copertura per mezzo di barre dywidag predisponendo i tubi corrugati per le attese delle fodere

### FASI ESECUTIVE CORDOLI INTEREDI

Dettaglio fasi 2a-3a-4a-5a in corrispondenza del cordolo ai piani inferiori  
scala 1:50

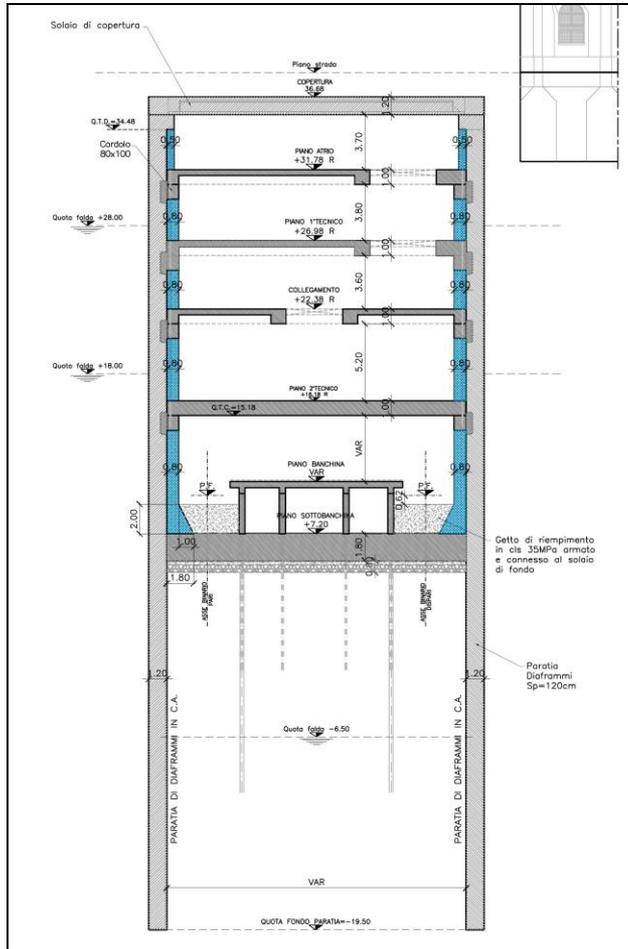


- Scavo fino a **27,78** (~ 11 m da pc)
- Realizzazione solaio piano atrio con:
  - varo delle travi PREM sui cordoli perimetrali
  - posa delle predalle nervate autoportanti
  - posa delle armature del solaio ed esecuzione del getto di solidarizzazione

# Le fasi realizzative della Stazione San Giovanni

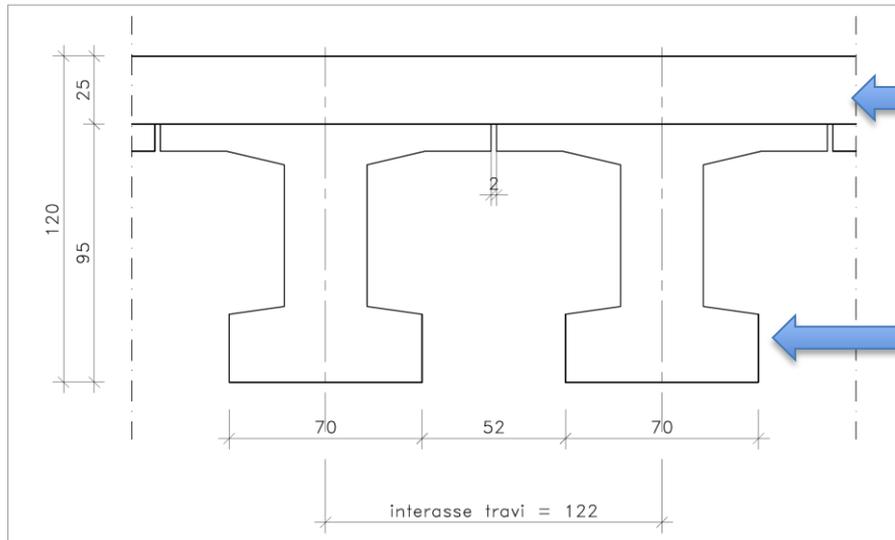
## FASE 3....9

- Le Fasi successive si susseguono in analogia con la Fase 2 per gli ulteriori 3 solai intermedi fino al 2 Livello Tecnico.
- Il solaio di fondazione e il piano banchina sono in c.a. gettati in opera.
- Le fodere possono essere realizzate durante lo scavo (dall'alto verso il basso) o in risalita in funzione delle esigenze del cantiere.



# La stazione San Giovanni

## Solaio di copertura – trave prefabbricata in c.a.



**SOLETTA SPESSORE 25 cm**

**TRAVE PREFABBRICATA H=95 cm**

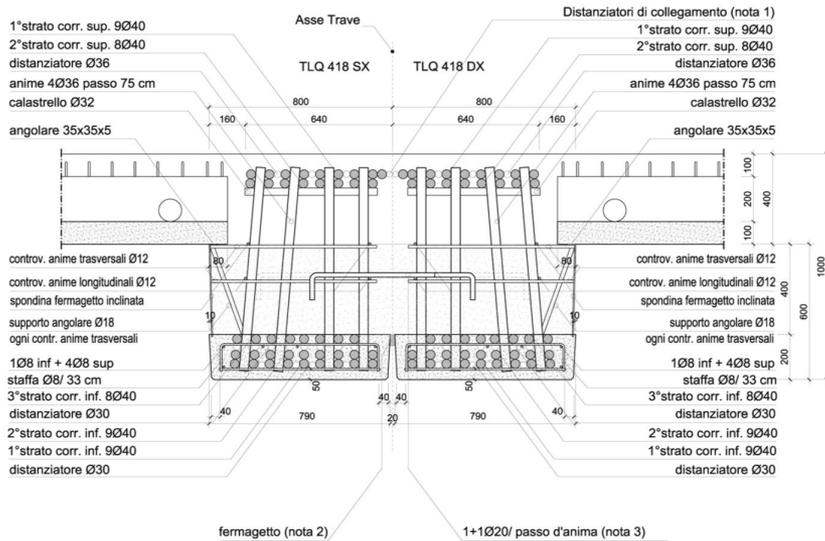


# La stazione San Giovanni

## Le travi tralicciate in acciaio

Trave 418 - Tipo "T101"  
Scala 1:10

Sezione 3-3



Singola trave

- $N_{max}$  (SLE) 520 t
- $M_{max}$  (SLE) 550 tm

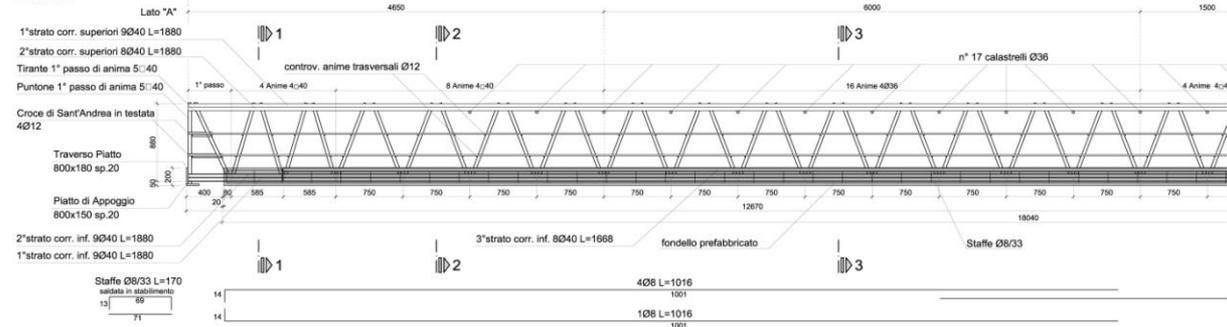


Necessità della monta costruttiva di 15 cm per una luce di 19,5 m



Trave 418 SX - Tipo "T101"  
Scala 1:20

Vista Longitudinale



# La stazione San Giovanni

## Le travi tralicciate in acciaio

Trave 418 - Tipo "T101"  
Scala 1:10

Sezione 3-3

1°strato corr. sup. 9Ø40  
2°strato corr. sup. 8Ø40  
distanziatore Ø36  
anime 4Ø36 passo 75 cm  
calastrello Ø32  
angolare 35x35x5

Asse Trave

TLQ 418 SX

TLQ 418 DX

Nella fase di montaggio del solaio la solidarizzazione delle due travi è garantita da barre di armatura saldate in opera al corrente superiore

Getto di completamento al raggiungimento di una maturazione tale da avere un  $R_{ck} > 25$  MPa

controv. anime trasversali Ø12  
controv. anime longitudinali Ø12  
spondina fermagetto inclinata  
supporto angolare Ø18  
ogni contr. anime trasversali  
1Ø8 inf + 4Ø8 sup  
staffa Ø8/ 33 cm  
3°strato corr. inf. 8Ø40  
distanziatore Ø30  
2°strato corr. inf. 9Ø40

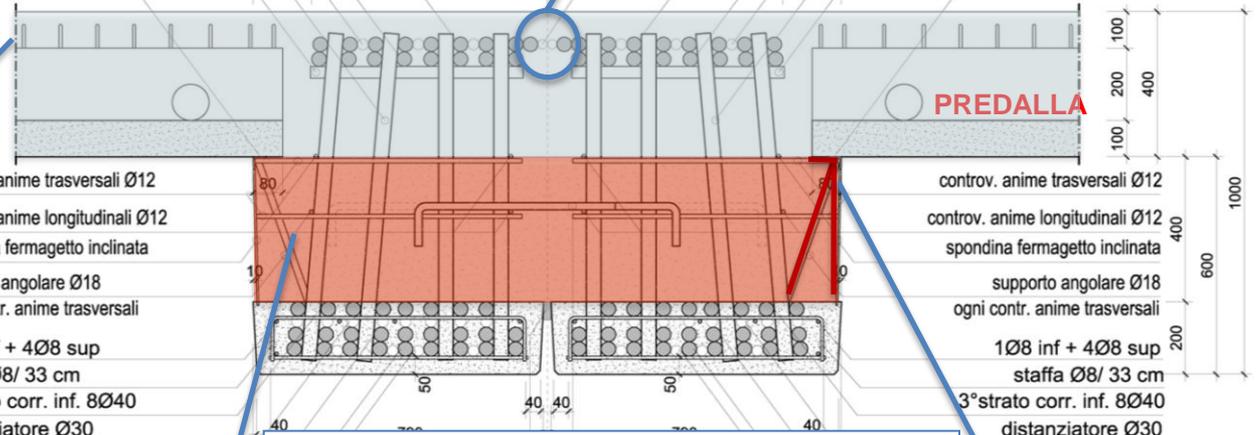
Distanziatori di collegamento (nota 1)  
1°strato corr. sup. 9Ø40  
2°strato corr. sup. 8Ø40  
distanziatore Ø36  
anime 4Ø36 passo 75 cm  
calastrello Ø32  
angolare 35x35x5

PREDALLA

controv. anime trasversali Ø12  
controv. anime longitudinali Ø12  
spondina fermagetto inclinata  
supporto angolare Ø18  
ogni contr. anime trasversali  
1Ø8 inf + 4Ø8 sup  
staffa Ø8/ 33 cm  
3°strato corr. inf. 8Ø40  
distanziatore Ø30  
2°strato corr. inf. 9Ø40  
1°strato corr. inf. 9Ø40  
distanziatore Ø30

Prima fase di getto per uno spessore di circa 40 cm

Il lamierino di spessore 3mm controventato con barre saldate al corrente inferiore e annegate nel getto del fondello sostiene le predalle nella fase di posa delle armature di completamento del solaio



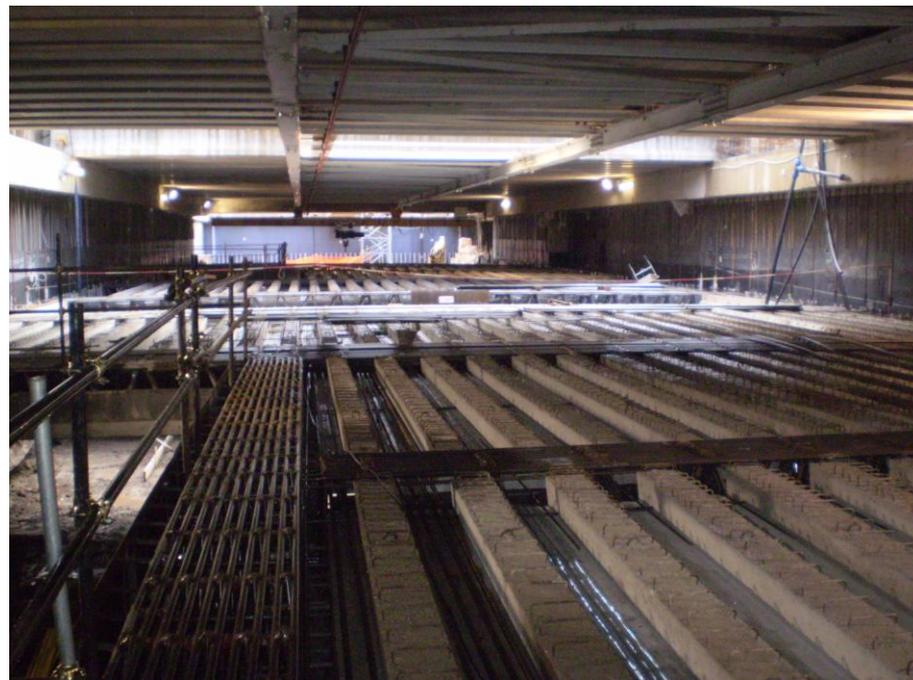
# La stazione San Giovanni

## Esecuzione del livello atrio



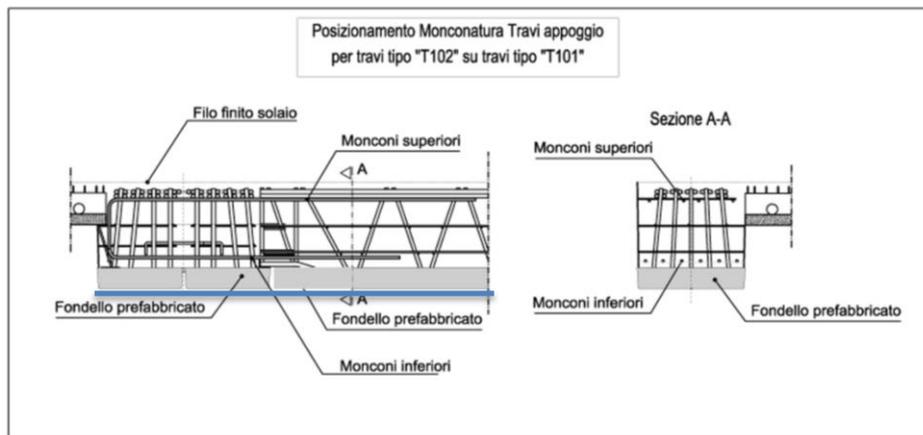
# La stazione San Giovanni

**Posa in opera delle armature di completamento della soletta del livello atrio**

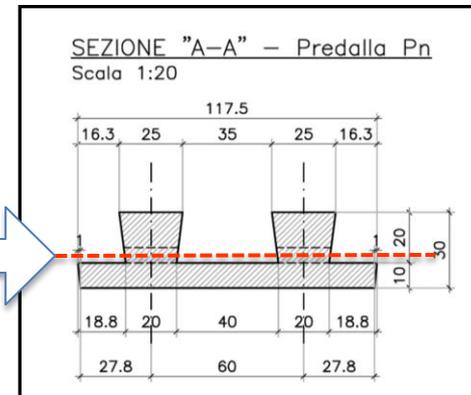


# La stazione San Giovanni

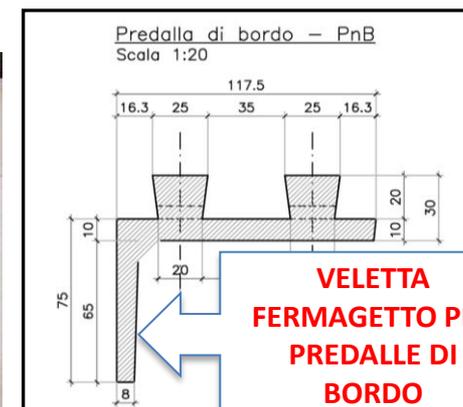
## Accoppiamento travi principali – travi secondarie e predalle nervate



**FORI PER  
PASSAGGIO  
ARMATURE  
LONGITUDINALI**

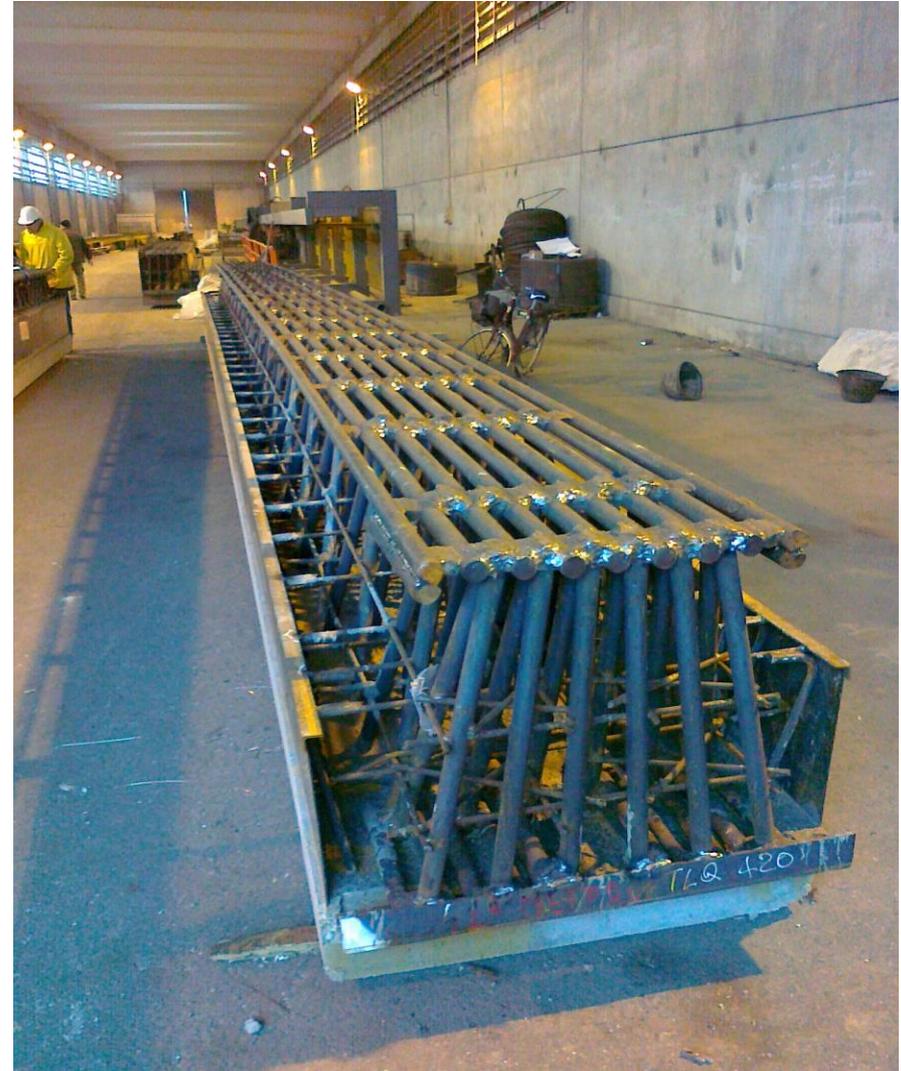


**L'accoppiamento trave principale - secondaria garantisce un intradossso unico permettendo di sfruttare interamente i 100 cm a disposizione per lo spessore finito del solaio**



**VELETTA  
FERMAGETTO PER  
PREDALLE DI  
BORDO**

# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni

## Il calaggio e la movimentazione delle travi tralicciate in acciaio sotto copertura



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni



# La stazione San Giovanni

## I ritrovamenti archeologici emersi nel corso degli scavi del corpo stazione



Ambiente osteria



Ambiente vasche di raccolta

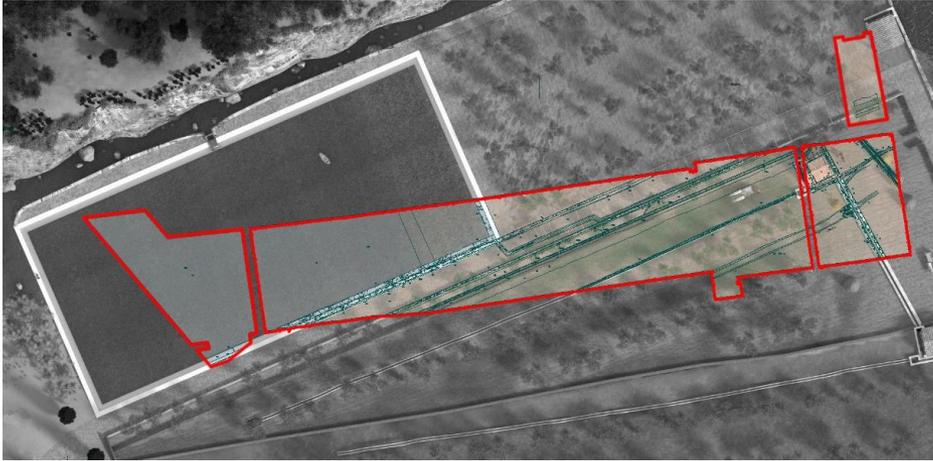
# La stazione San Giovanni

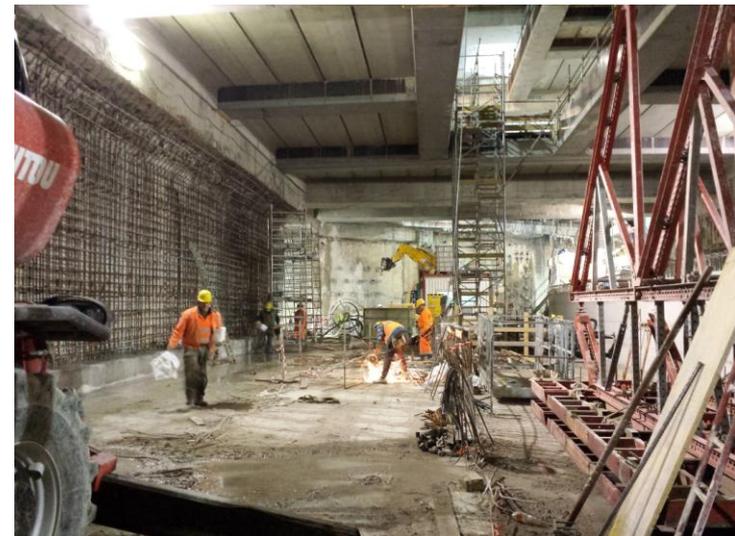
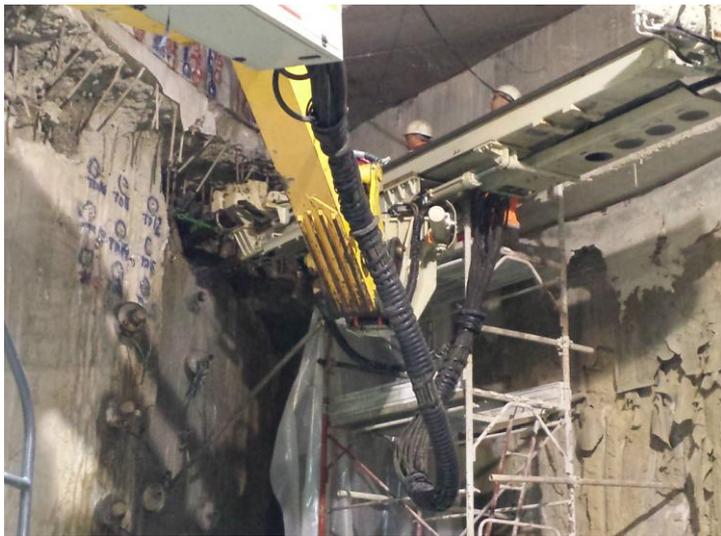
**Il più grande bacino idrico della Roma Imperiale – dimensioni 35x70 m**



# La stazione San Giovanni

La ricostruzione dell'area fatta dalla Soprintendenza Archeologica di Roma





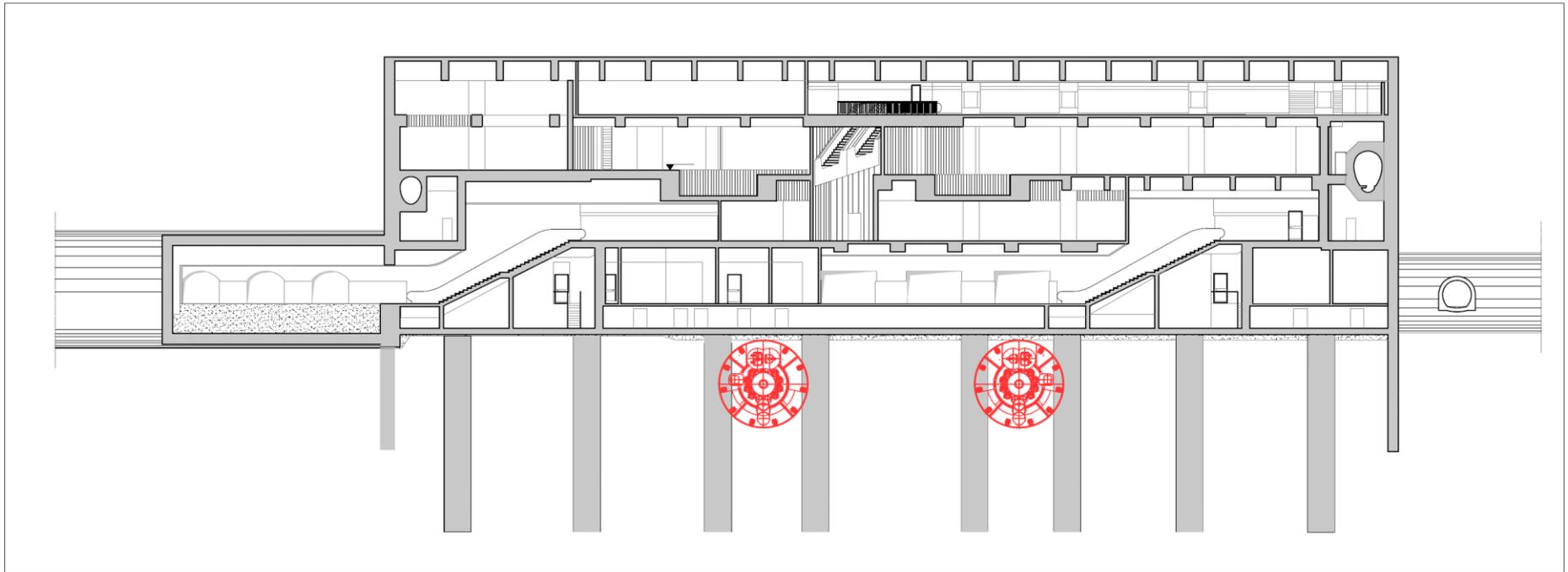
***Il sotto-attraversamento della  
stazione esistente «San Giovanni Linea A»  
La tecnologia del congelamento del terreno***

# La stazione San Giovanni

- La presenza della soletta di fondazione della stazione esistente San Giovanni Linea A
- L'impossibilità di abbassare ulteriormente il tracciato dovuta alla necessità di non modificare il pf della Stazione Lodi
- La presenza dei pali di fondazione Ø2000/2200 posti ad una distanza media inferiore al diametro della TBM



Ha determinato la necessità di realizzare questo tratto di gallerie con uno scavo in tradizionale.



# La stazione San Giovanni

- La necessità di realizzare due gallerie con un battente idraulico di circa 10 m
- L'impossibilità di effettuare consolidamenti dall'alto vista la presenza della stazione esistente che deve essere mantenuta in esercizio passeggeri
- La natura dei terreni da scavare che per circa 1/3 della sezione della galleria sono sabbie e ghiaie con permeabilità piuttosto elevate, dell'ordine di 10-4 m/s
- La necessità di limitare i movimenti di falda al fine di evitare eventuali risentimenti al contorno dello scavo vista la presenza non solo della stazione esistente ma anche degli edifici che si affacciano su piazzale Appio.



Il metodo di congelamento artificiale dei terreni che è una tecnica di impermeabilizzazione e/o consolidamento contemporaneo per lo scavo sottofalda di terreni sciolti o rocce fratturate. Tale tecnica consiste nel congelare l'acqua all'interno di un volume di terreno, facendo circolare un liquido a bassa temperatura, che provvede all'estrazione del calore e alla dissipazione dello stesso all'esterno.

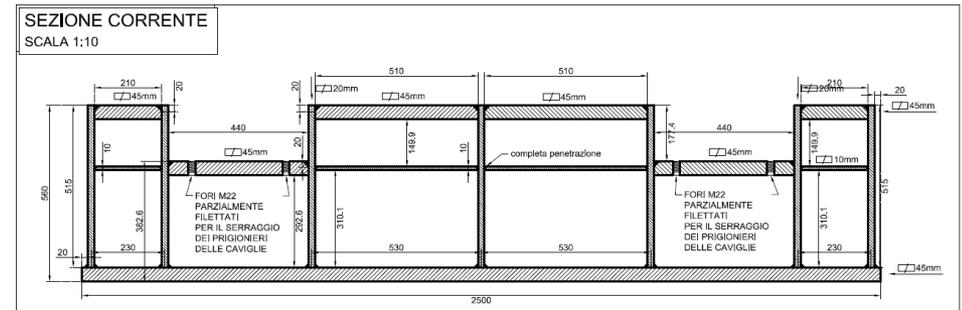
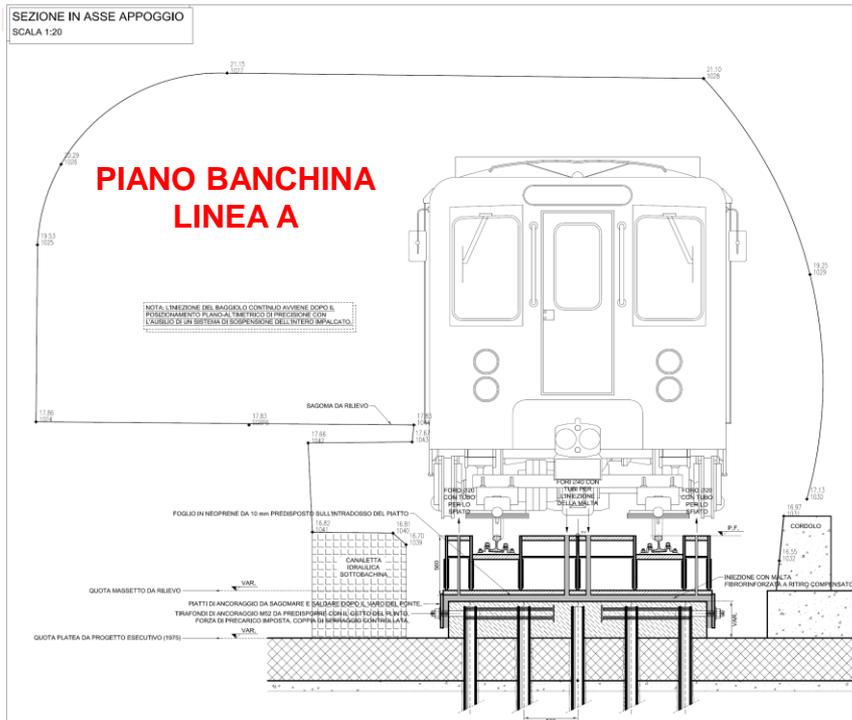


# La stazione San Giovanni

- La soletta di fondo della stazione esistente San Giovanni Linea A non adeguata a sostenere il passaggio del treno in assenza del terreno sottostante (struttura in c.a. di spessore 40 cm armato con uno strato di Ø26/40)
- La necessità di mantenere attivo l'esercizio ferroviario della Linea A e l'esercizio passeggeri della stazione durante l'intero periodo di esecuzione delle gallerie di sotto-attraversamento



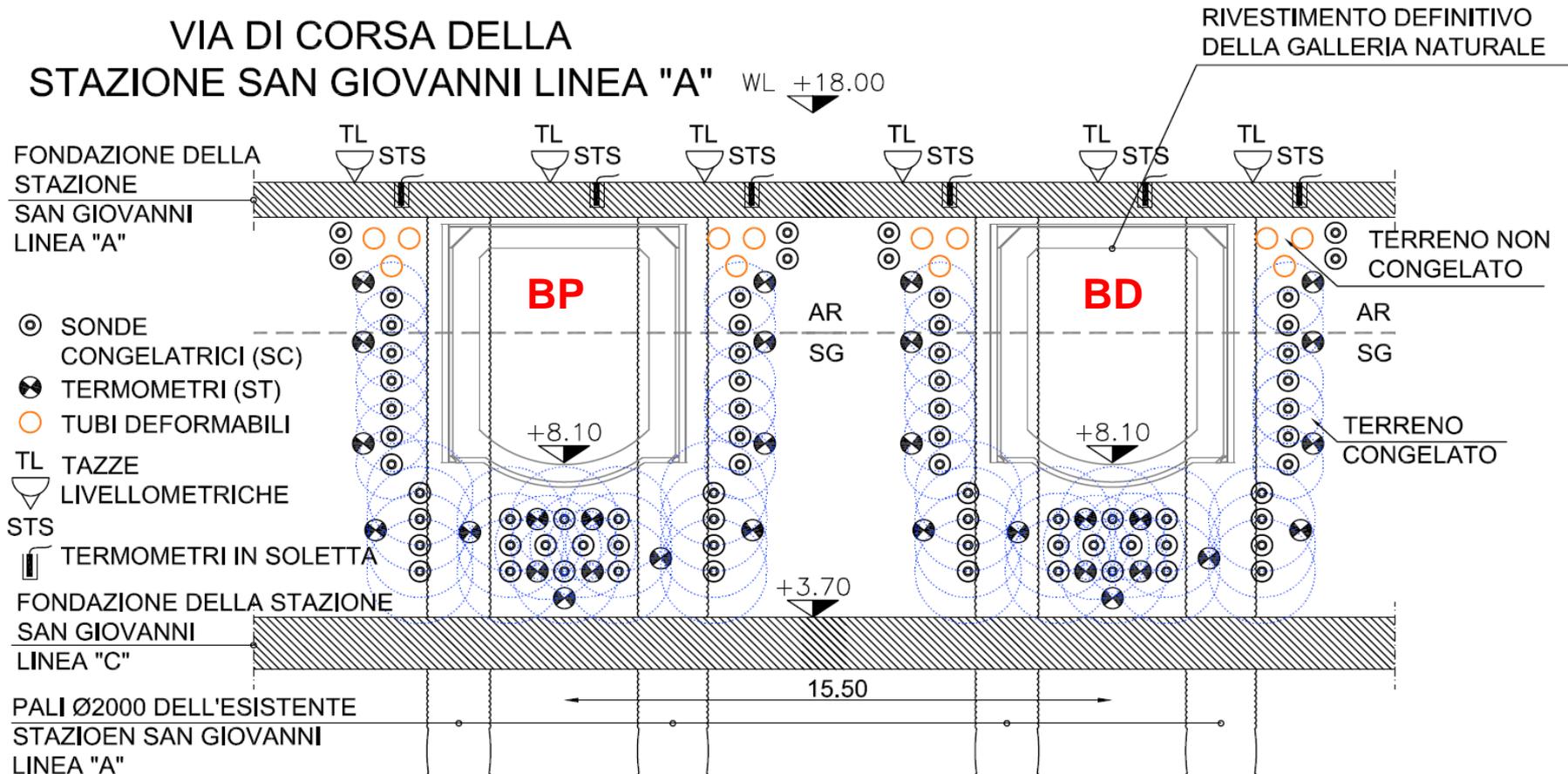
La necessità di alleggerire la soletta di fondazione dal carico dei convogli ferroviari realizzando 2 ponti in struttura metallica, aventi 2 campate da 20 m ognuno, fondati su micropali e montati all'interno della stazione esistente dal piano



Il singolo impalcato è stato realizzato con piatti saldati in officina e diviso in 2 tronconi da circa 20.00 m ognuno, saldati in opera. L'altezza della sezione trasversale dell'impalcato è 56 cm, mentre la larghezza è 250 cm. I piatti principali hanno uno spessore di 45 mm. La rotaia ha un attacco diretto al ponte ed è incassata per garantire la massima altezza realizzabile.

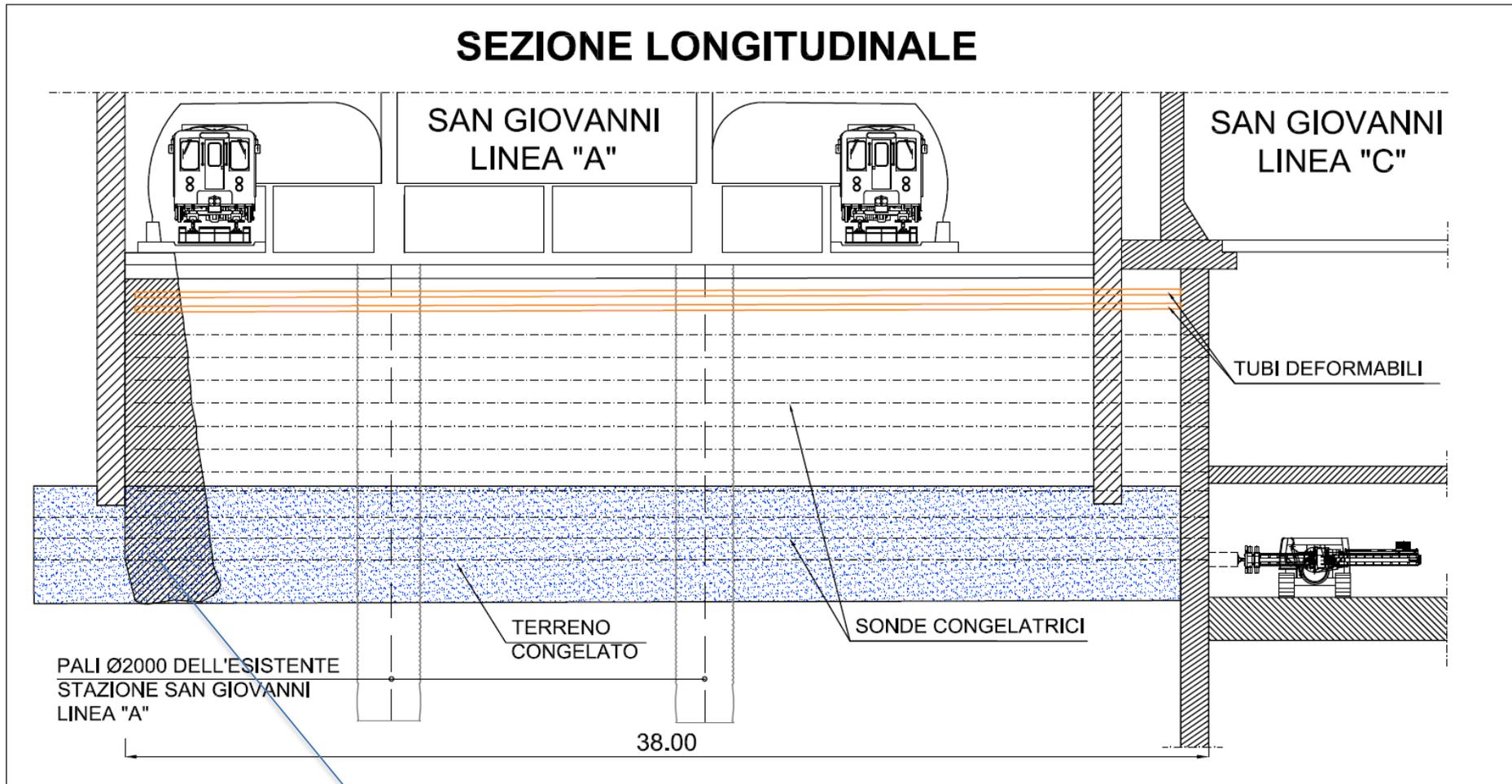
## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO

### SEZIONE TRASVERSALE



**36 sonde congelatrici ogni via di corsa**

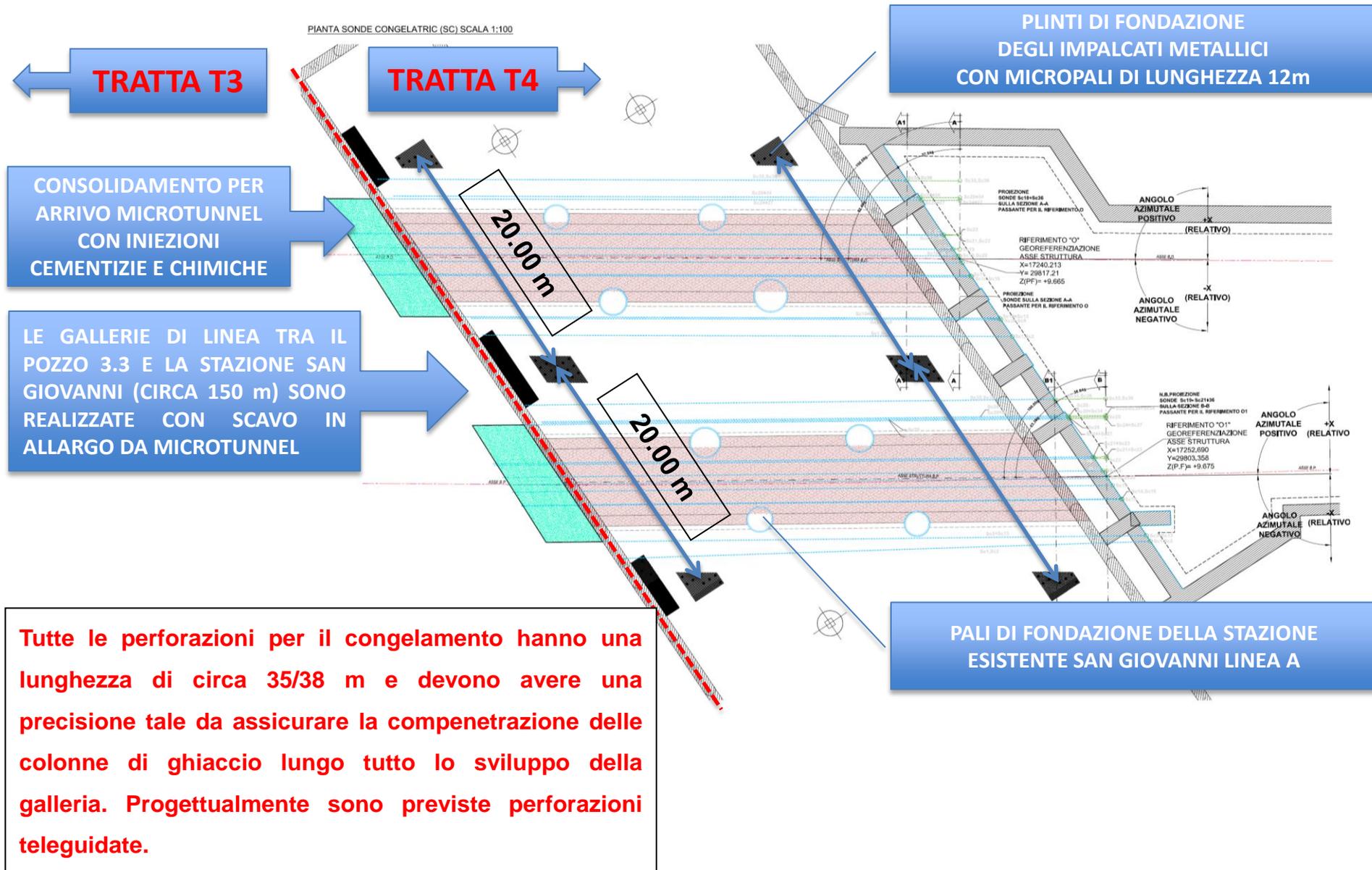
## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO



TAMPONE IN INIEZIONI CEMENTIZIE E CHIMICHE  
REALIZZATO DALL'INTERNO DELLA LINEA A

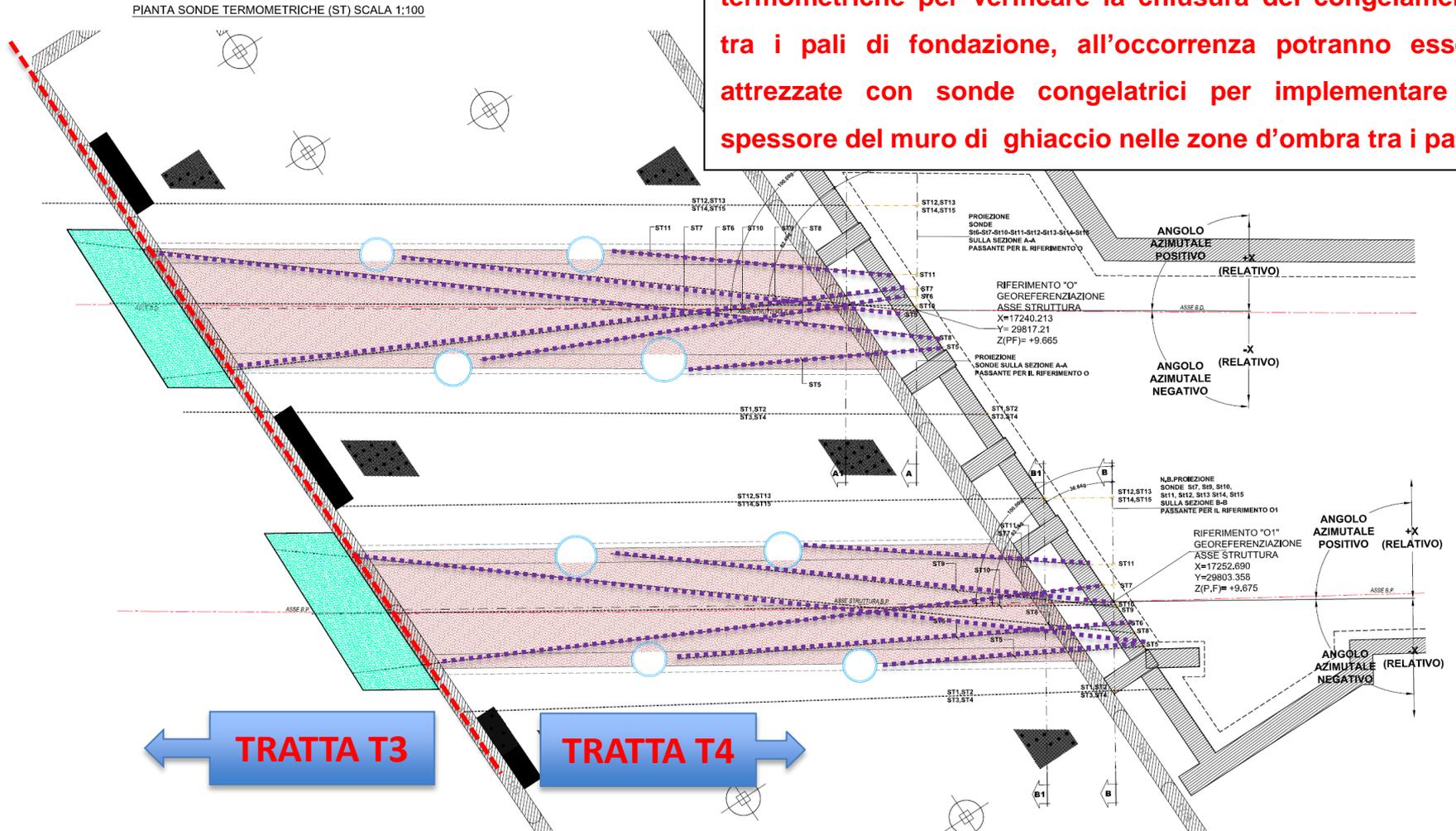
# La stazione San Giovanni

## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO



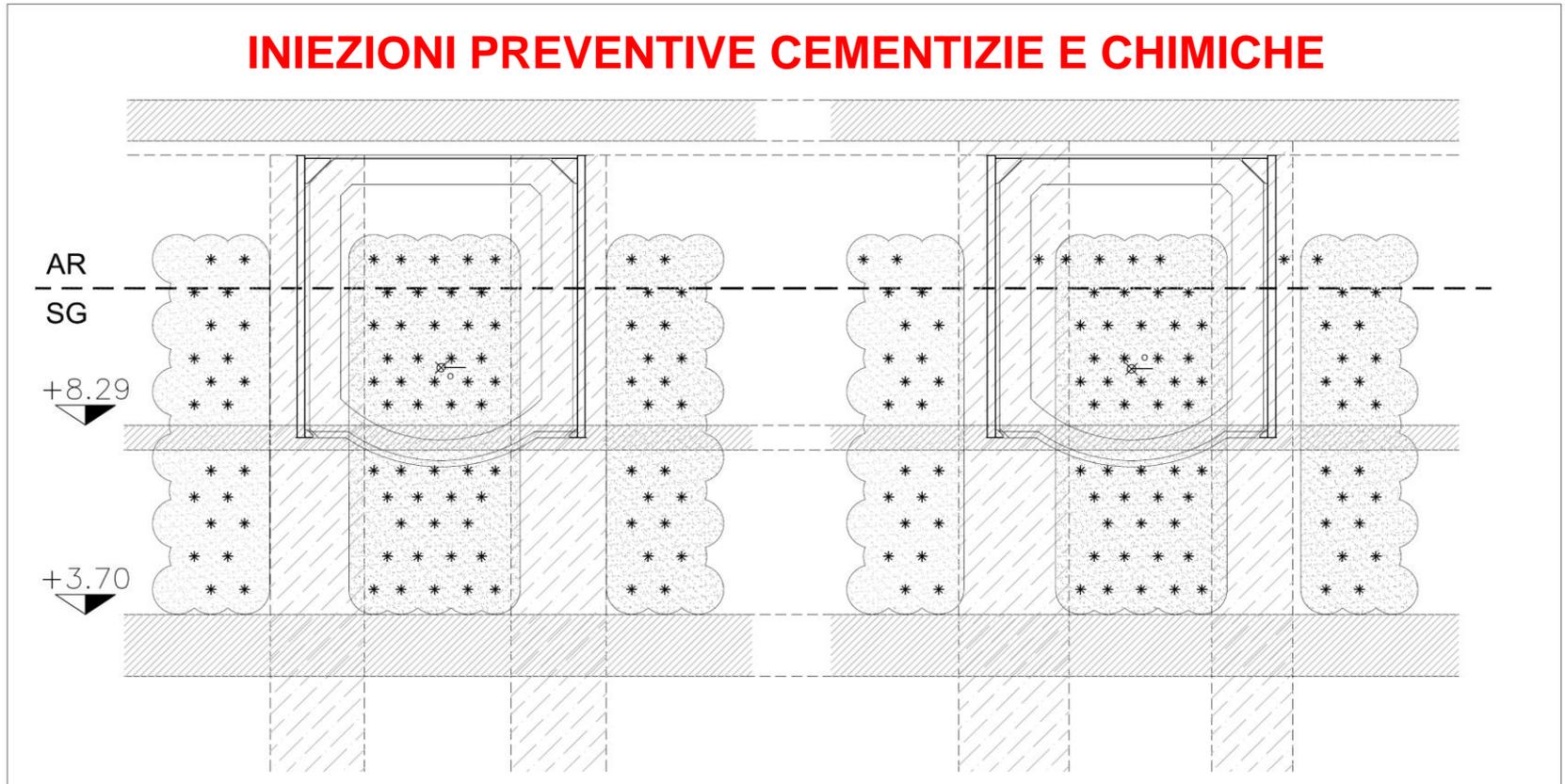
## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO

Le perforazioni inclinate, eseguite nella zona al di sotto dell'arco rovescio, attrezzate inizialmente con sonde termometriche per verificare la chiusura del congelamento tra i pali di fondazione, all'occorrenza potranno essere attrezzate con sonde congelatrici per implementare lo spessore del muro di ghiaccio nelle zone d'ombra tra i pali.



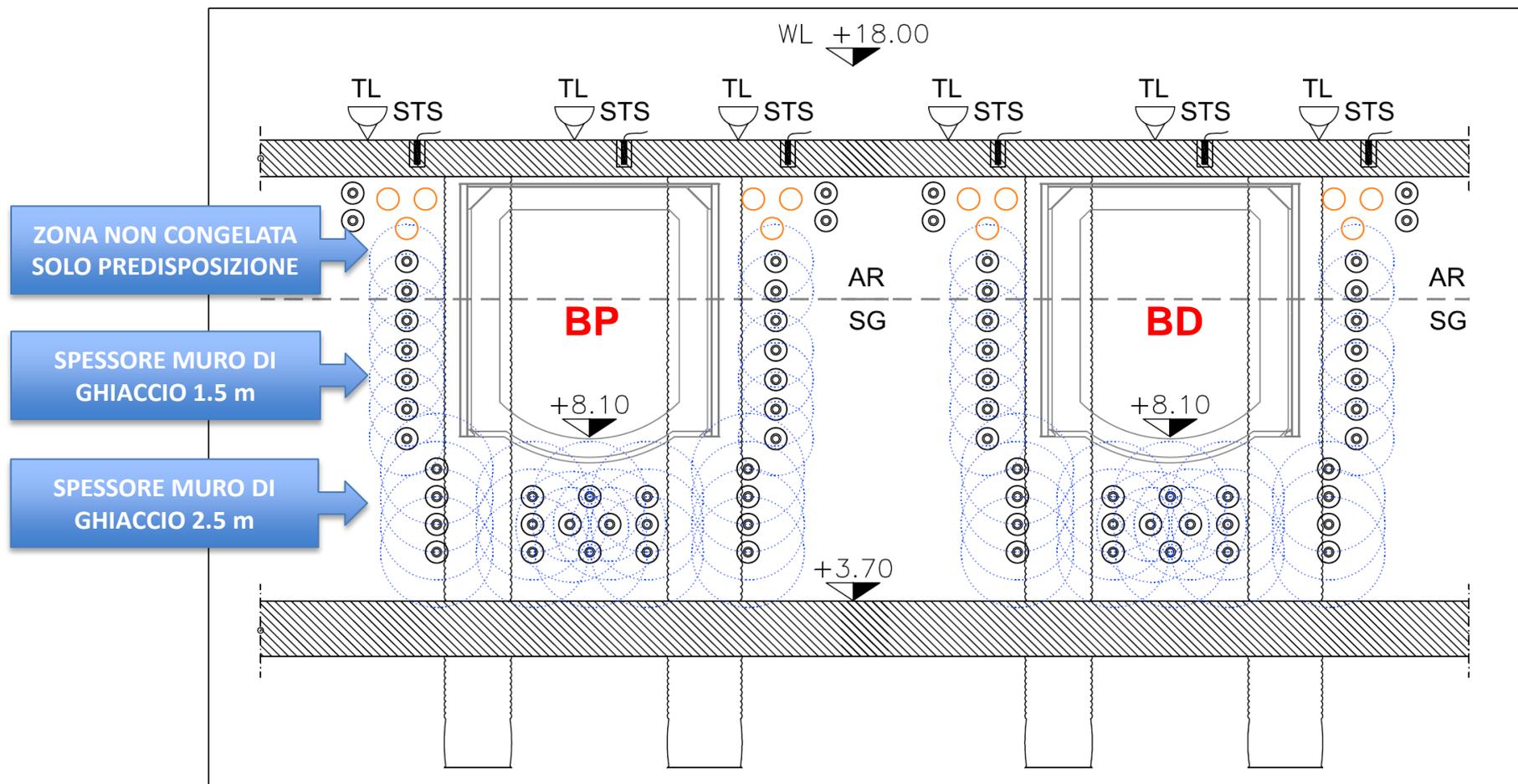
## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO

### INIEZIONI PREVENTIVE CEMENTIZIE E CHIMICHE



Data l'elevata permeabilità dello strato della sabbie e ghiaie e l'eterogeneità di questo litotipo si è deciso di effettuare un consolidamento preventivo del terreno da congelare con iniezioni cementizie e chimiche con una maglia di dimensioni 80x80 cm. Tramite le perforazioni necessarie per questo trattamento si è potuto indagare la quota dell'interfaccia tra lo strato AR e lo strato SG. Nella zona al di sotto dell'arco rovescio questo trattamento ha permesso di ridurre la permeabilità del terreno passando da portate dell'ordine di 25 l/sec ante-trattamento a portate dell'ordine di 6-8 l/sec post-trattamento.

## Il sotto attraversamento della stazione della Linea A - PROGETTO



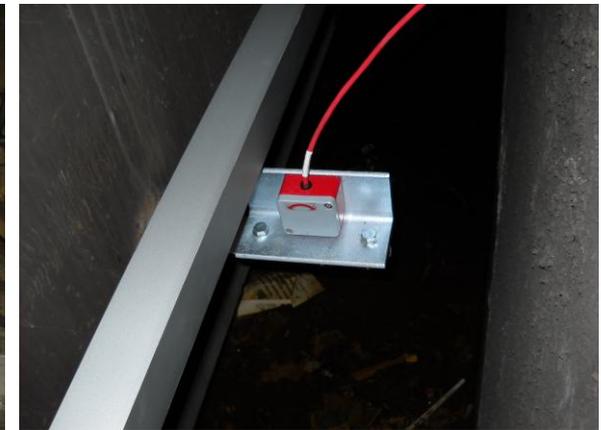
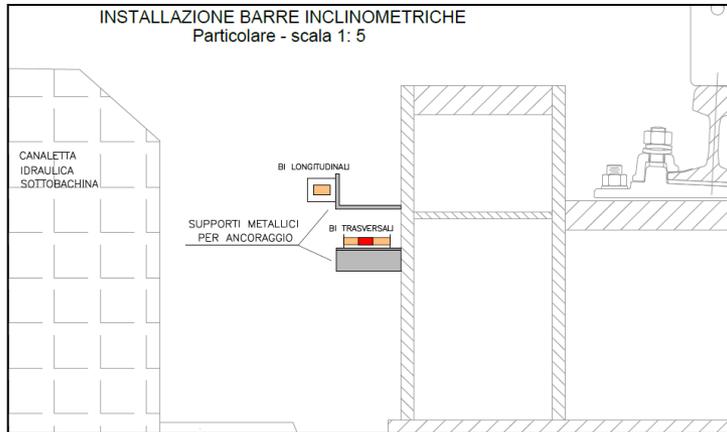
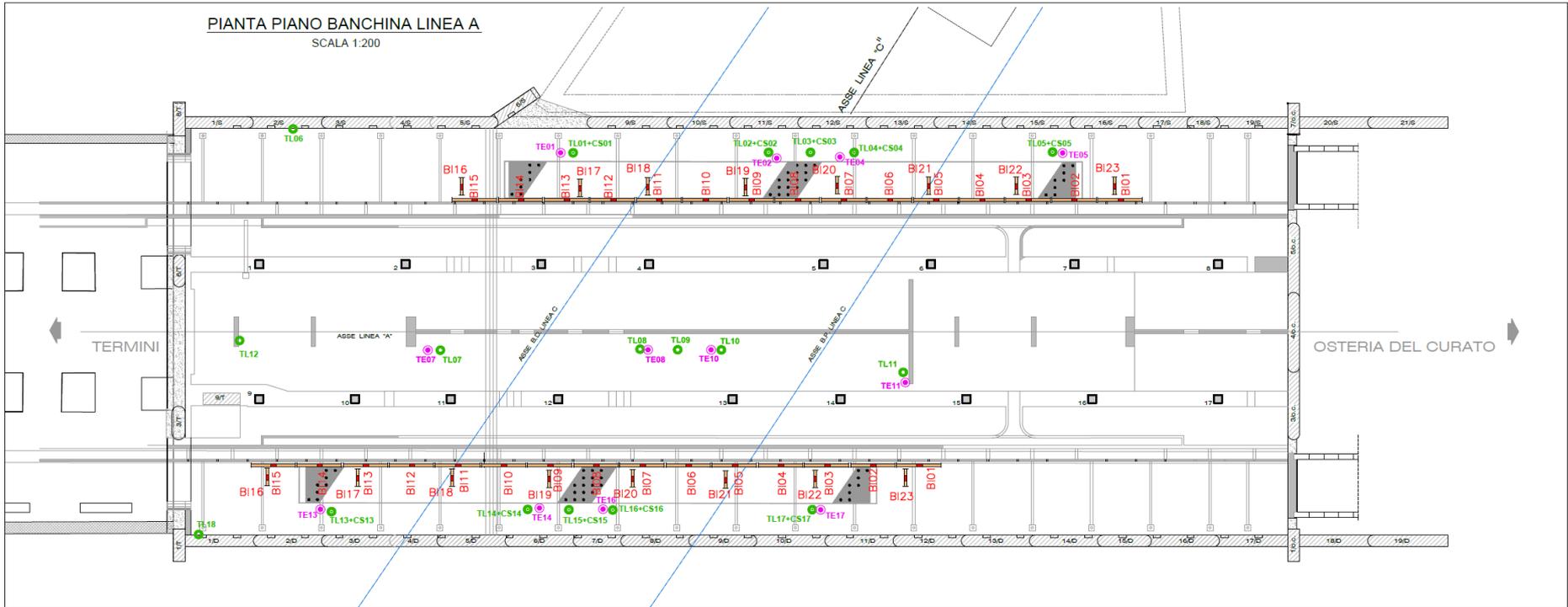
Data la sensibilità della struttura esistente alle deformazioni indotte dal congelamento del terreno, si è previsto di realizzare le 2 vie di corsa in tempi diversi ma successivi ed effettuare il congelamento ad azoto e il mantenimento in salamoia. Tale scelta tecnica è stata effettuata al fine di limitare l'eccessiva espansione delle colonne di ghiaccio durante la fase di mantenimento. Per iniziare lo scavo è necessaria una temperatura media al bordo della galleria di circa -10° C.





# La stazione San Giovanni

## Il monitoraggio in corso d'opera



# La stazione San Giovanni



***Le indagini preliminari ed il campo prova congelamento***

## Le indagini preliminari

- Esecuzione di n.16 sondaggi a carotaggio di profondità comprese tra m 19 m ÷ 45 m dal p.c.
- Prelievo di n. 4 campioni rimaneggiati per prove fisiche e granulometriche preliminari
- Prelievo di n. 113 campioni indisturbati e non per il programma di test di laboratorio per il progetto di congelamento
- Esecuzione n. 24 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile
- Esecuzione di prove di velocità di filtrazione con correntometro termico sui piezometri
- Esecuzione di prove di velocità di filtrazione con metodo della diluizione puntuale sui piezometri
- Esecuzione di n. 4 sondaggi a carotaggio di profondità comprese tra circa 3,2 ÷ 9,2 m dal piano di appoggio del “ballast” all’interno della stazione esistente San Giovanni Linea A con prelievo di n.7 campioni rimaneggiati per il programma di test di laboratorio per il progetto di congelamento;
- Installazione di n.3 piezometri elettrici all’interno della stazione esistente San Giovanni Linea A per monitorare l’andamento della falda al di sotto della soletta di fondo



Dalle indagini effettuate è emerso:

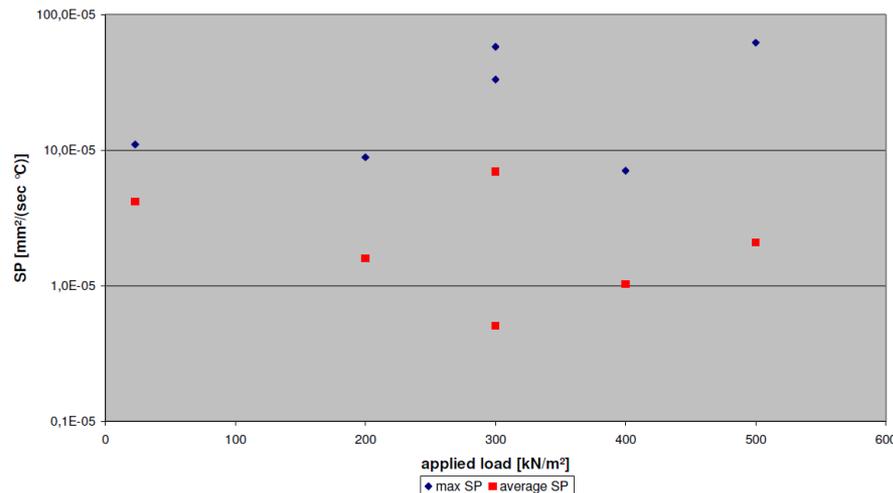
- La presenza, al di sotto della soletta di fondazione della stazione esistente, di uno strato argilloso (AR – appartenente al Pleistocene) per circa 5 m posto al di sopra delle sabbie e ghiaie (SG – appartenenti al Pleistocene)
- La presenza di un gradiente idraulico di modesta entità con una velocità di filtrazione nell’ammasso stimata nell’ordine dei decimetri al giorno. La velocità effettiva, ottenuta dividendo la velocità di filtrazione nell’ammasso per la porosità (32-35%), è pertanto dell’ordine dei 2 m/g.
- Una permeabilità verticale dello strato delle sabbie e ghiaie misurato con prove tipo Lefranc pari a circa 1E-4 m/s
- Un livello piezometrico posto a quota 18.00 m s.l.m. circa 2 m al di sopra dell’estradosso della soletta di fondazione

## Le prove di laboratorio per il progetto del congelamento

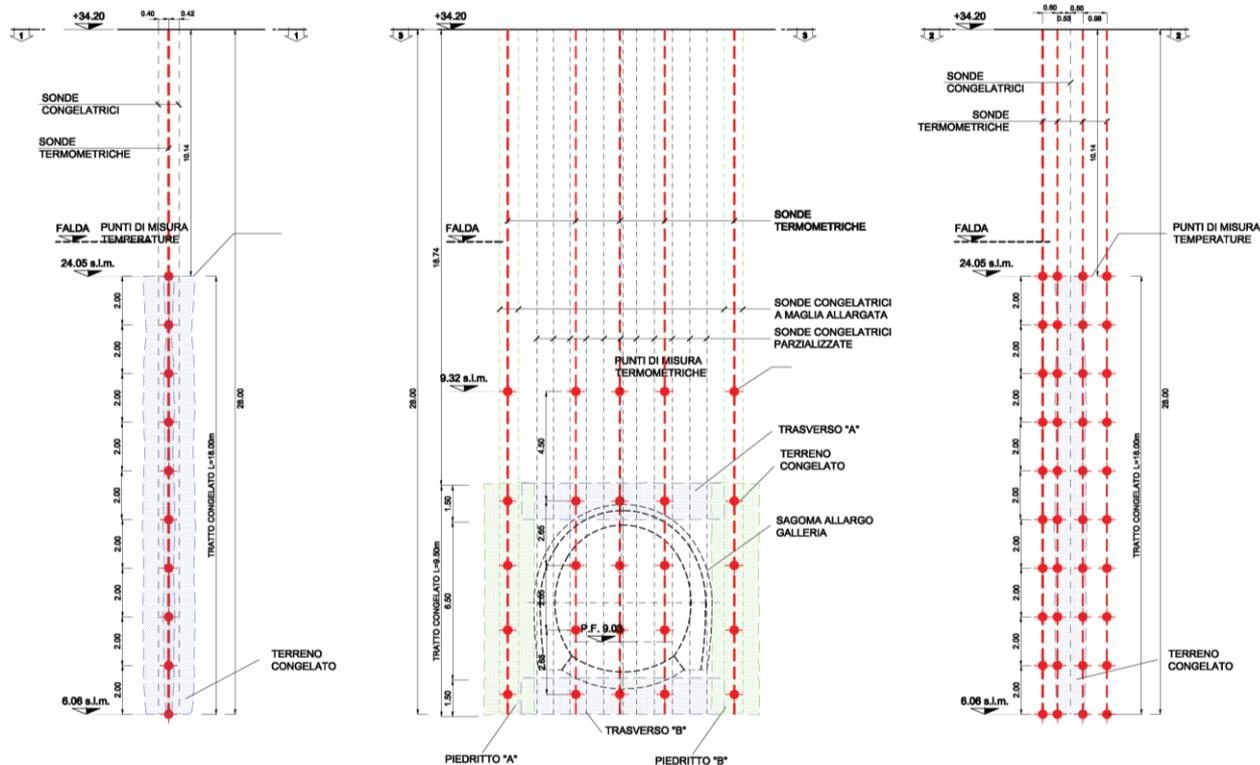
Le prove di laboratorio sono state effettuate con l'ausilio della società CDM presso il loro laboratorio in Germania e sono state concentrate su campioni indisturbati prelevati nello strato delle AR, maggiormente sensibile al congelamento e al fenomeno del "Frost Heave". Nello specifico sono state condotte prove di compressione assiale e triassiale su campioni indisturbati di terreno naturale e su provini congelati a temperature di  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Nello strato delle AR il modulo di elasticità tangente passa da circa 10 MPa nel terreno naturale a 380 MPa ad una temperatura di  $-10^{\circ}\text{C}$  e 1100 MPa ad una temperatura di  $-20^{\circ}\text{C}$ ; mentre nello strato delle SG il modulo di elasticità tangente raggiunge i 1100 MPa ad una temperatura di  $-10^{\circ}\text{C}$  e i 1850 MPa ad una temperatura di  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Nello strato della AR è stato inoltre valutato il fenomeno del "Frost Heave" con la determinazione del parametro SP pari a  $10^{-5}\text{ mm}^2/\text{sec}^{\circ}\text{C}$  che fornisce una valutazione della variazione di volume d'acqua nel tempo in funzione della temperatura raggiunta.



## Il campo prova del congelamento nei giardini di via Sannio - PROGETTO



**GRUPPI DI SONDE ISOLATE**

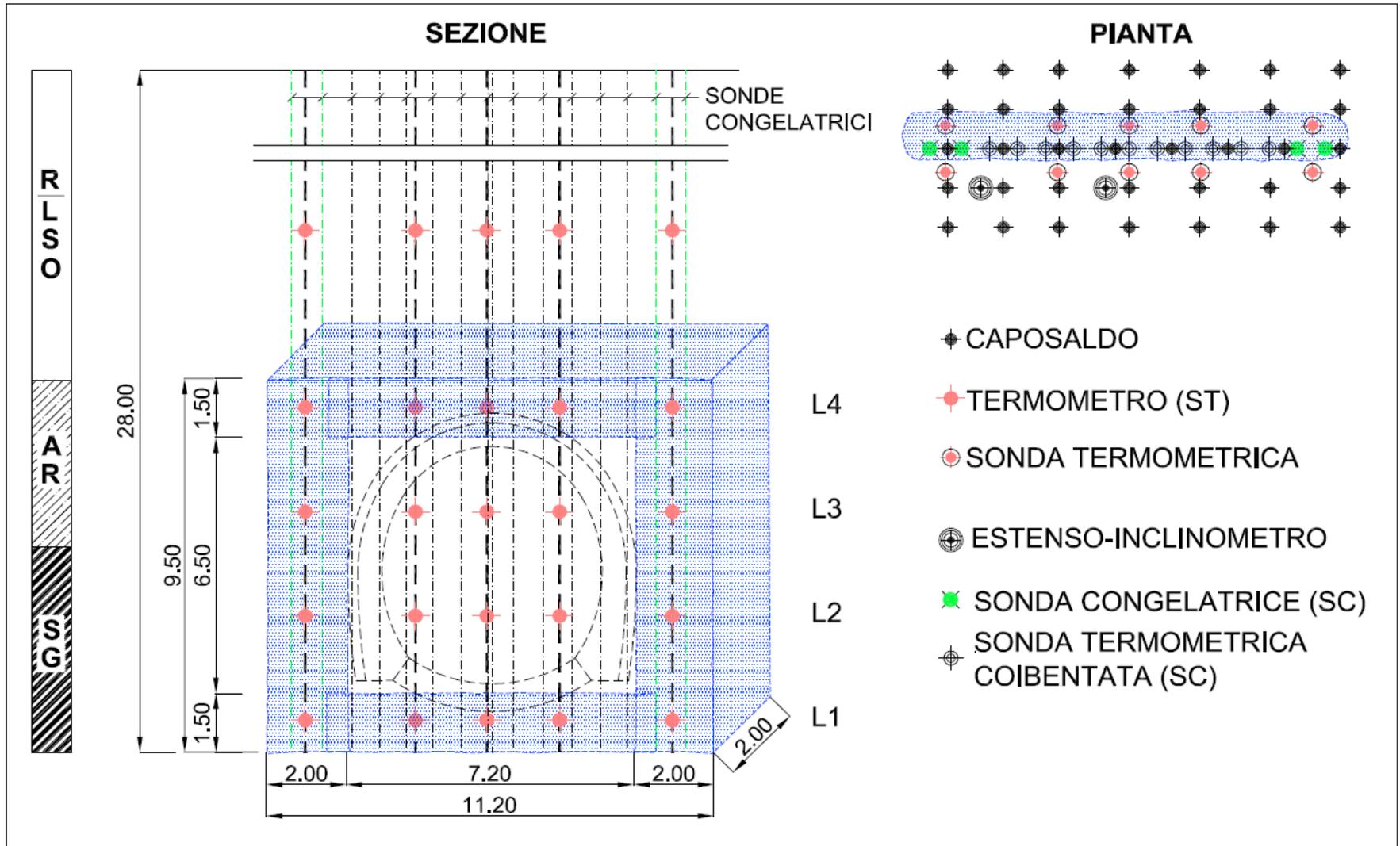
**CAMPO PROVA PRINCIPALE**

**GRUPPI DI SONDE ISOLATE**

Le geometrie del campo prova sono state sviluppate con l'intento di prevedere la realizzazione di un intervento principale (Area B), volto a simulare il congelamento attorno a una porzione teorica di galleria e 2 gruppi isolati di sonde (Area A e C) predisposti per ottenere dei risultati da poter confrontare con l'intervento principale certamente più articolato.

Per schematizzare l'intervento attorno alla sagoma teorica della galleria si è reso necessario prevedere una parzializzazione delle sonde congelatrici (attraverso materiale isolante tipo Armafex) anche nei tratti intermedi dello schema previsto.

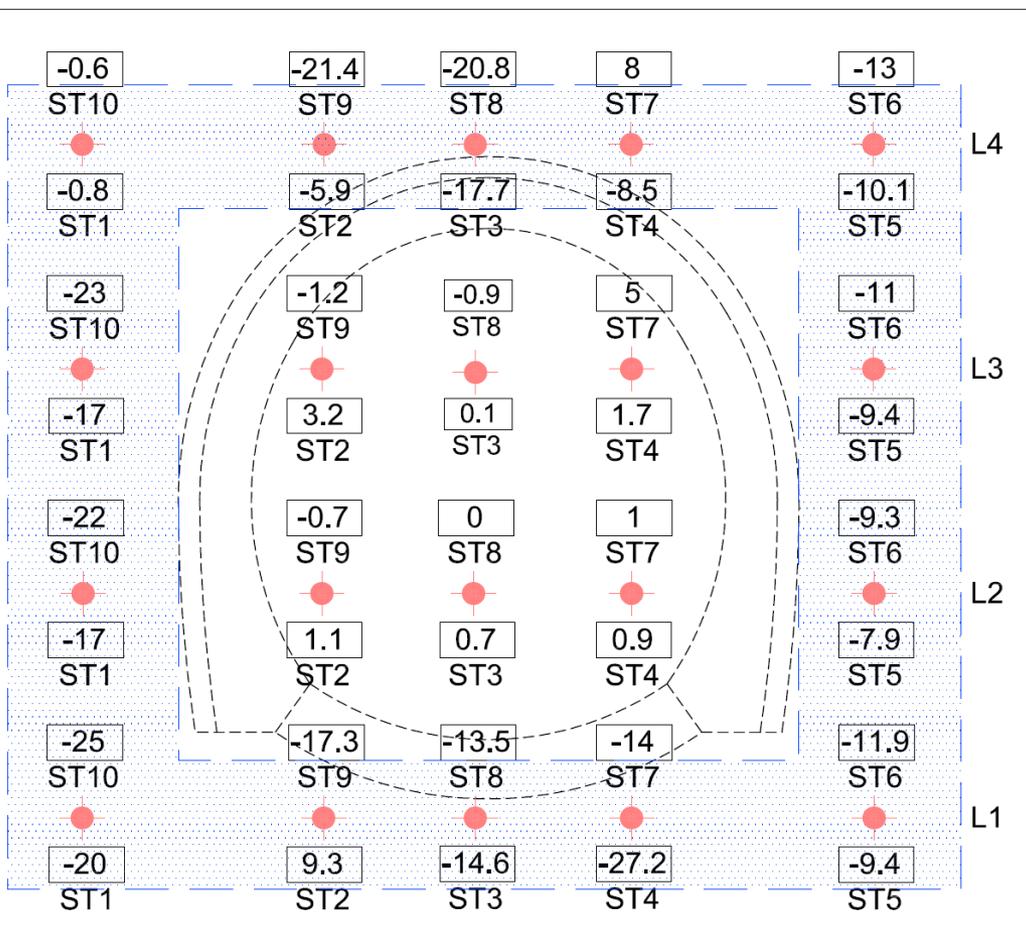
## Il campo prova del congelamento nei giardini di via Sannio - PROGETTO



## Il campo prova del congelamento nei giardini di via Sannio - RISULTATI

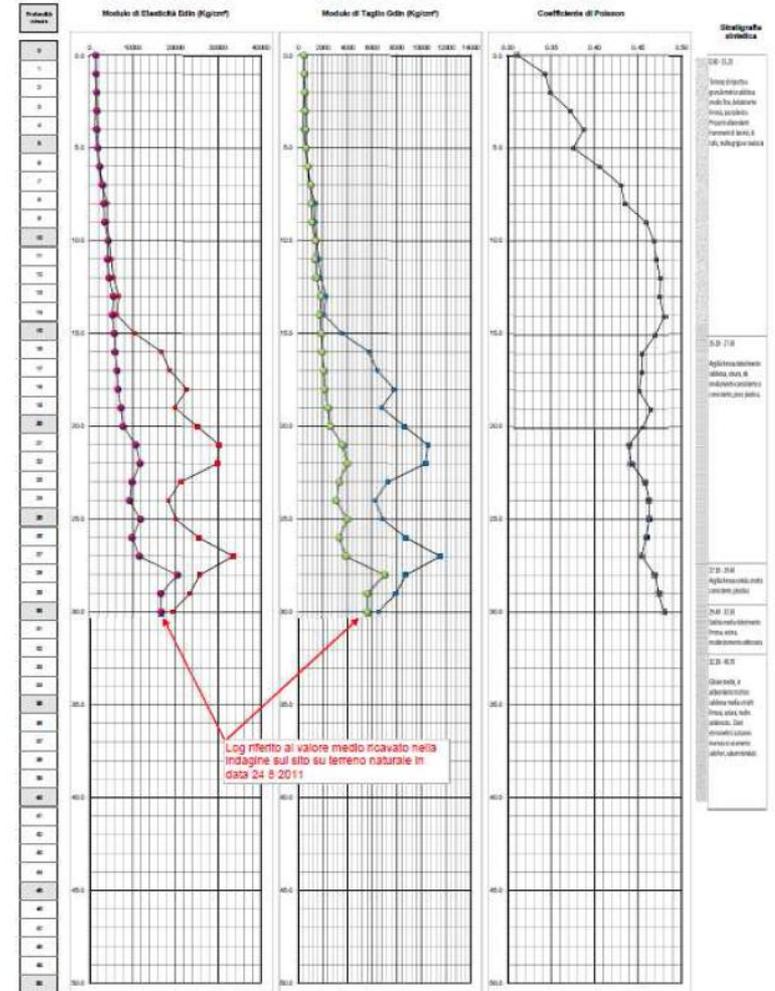
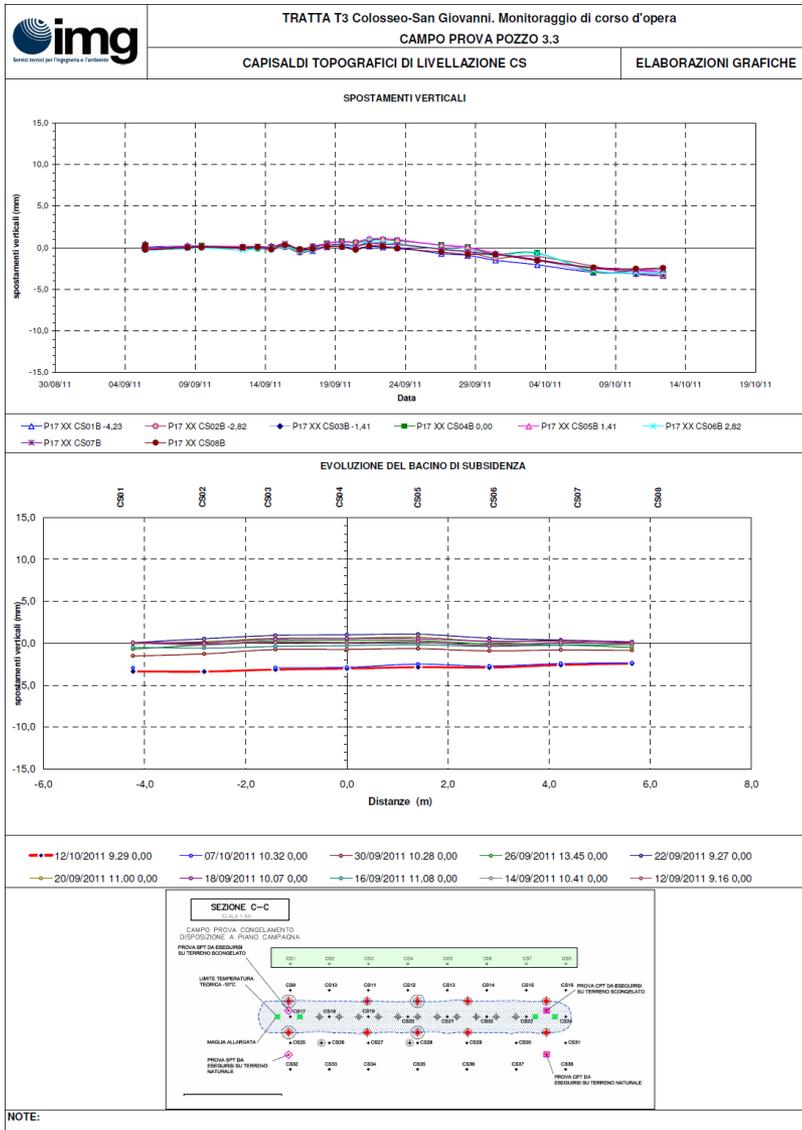
### I principali risultati del campo prova:

- Tempo di congelamento: 10 giorni;
- Consumo lordo per il congelamento e il mantenimento: circa 1900 litri di azoto per mc di terreno congelato;
- Consumo al netto delle perdite per il congelamento e il mantenimento: circa 1370 litri di azoto per mc di terreno congelato.



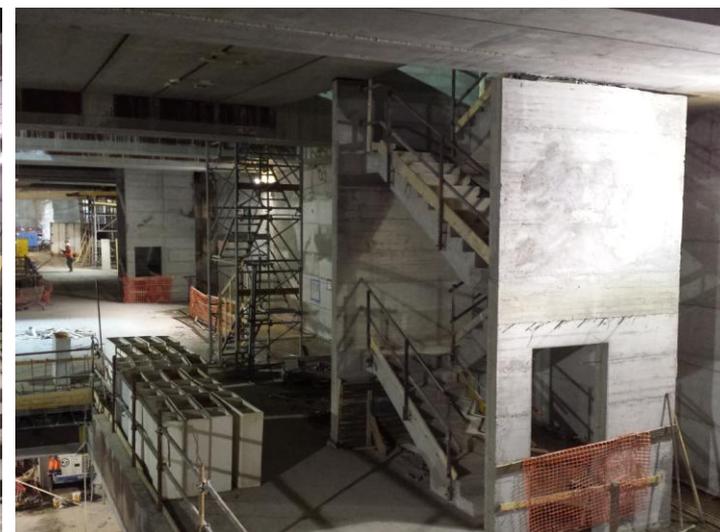
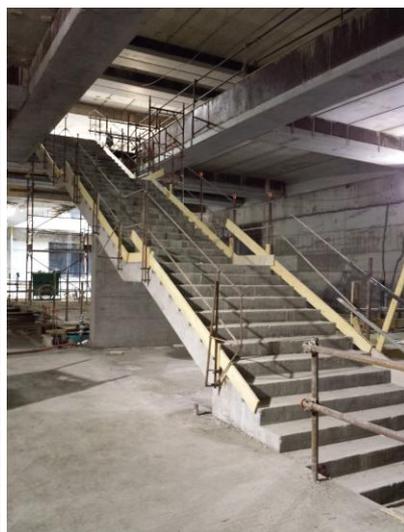
**GRAFICO CON ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE**

## Il campo prova del congelamento nei giardini di via Sannio - MONITORAGGIO



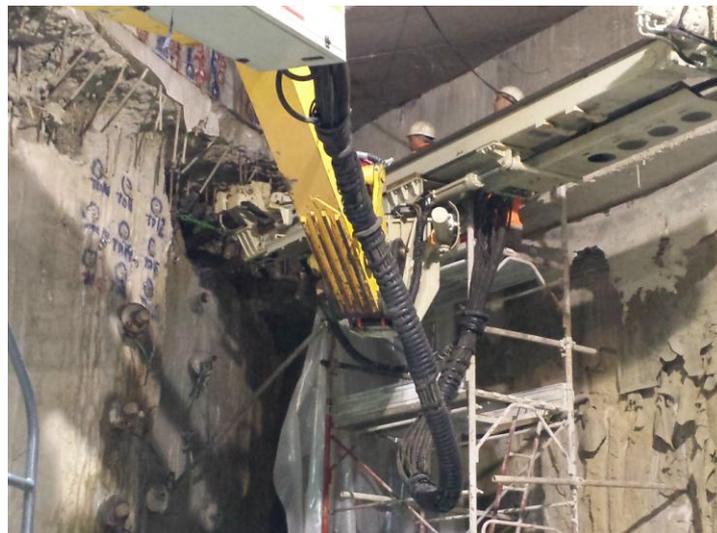
# La stazione San Giovanni

## Avanzamento dei lavori: Piano atrio e livelli tecnici



# La stazione San Giovanni

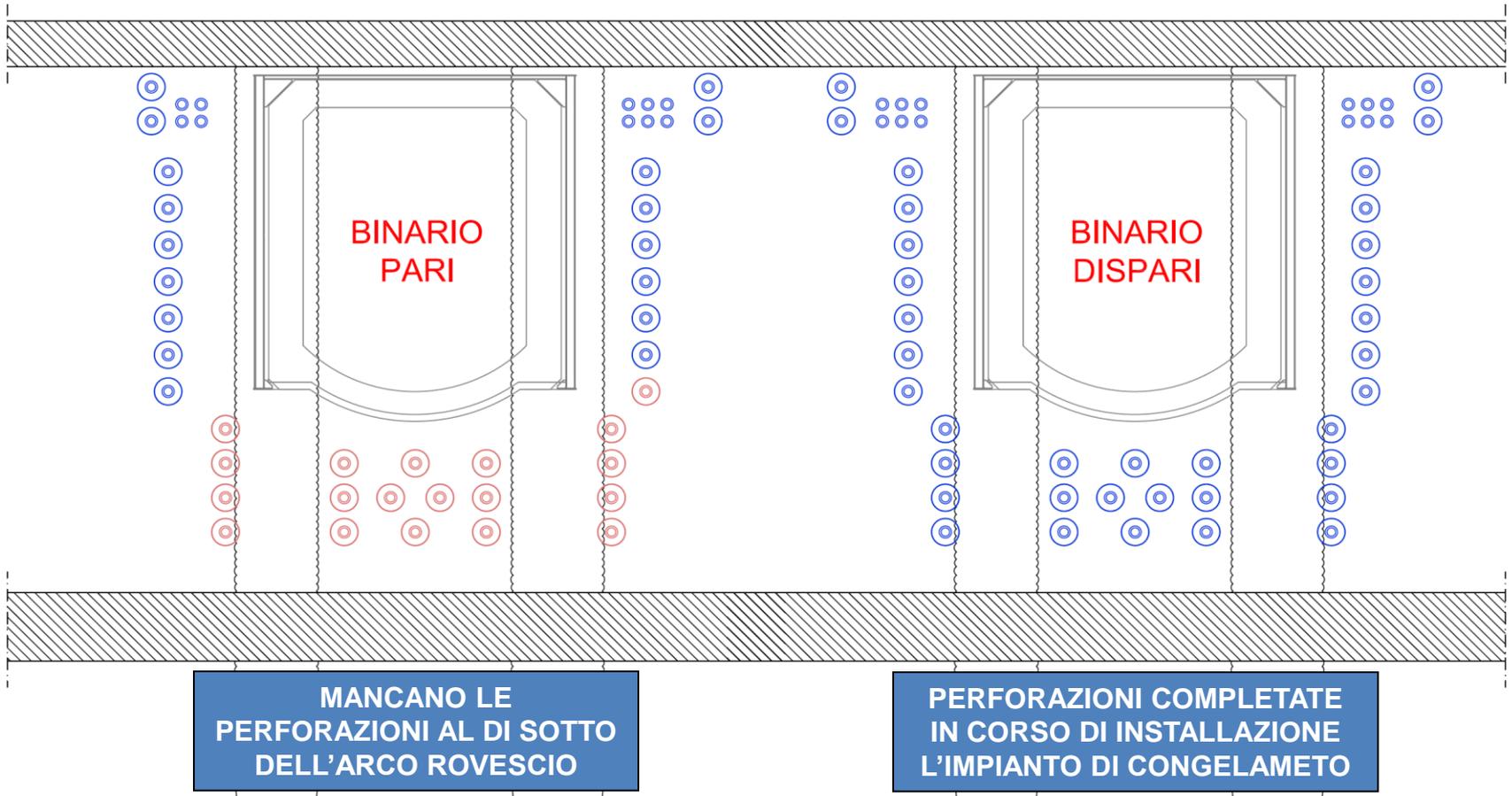
## Avanzamento dei lavori: Piano banchina



## Avanzamento dei lavori: Gallerie sottoattraversamento

⊙ PERFORAZIONE ESEGUITA

⊙ PERFORAZIONE NON ESEGUITA



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**