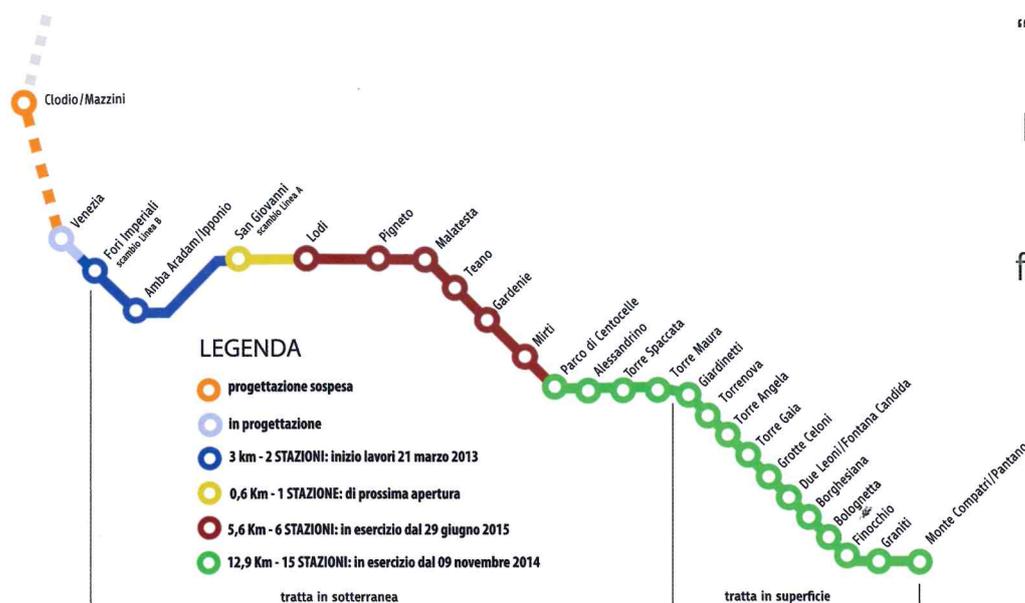


La nuova Linea C di Roma

PIERFRANCESCO NARDIZZI



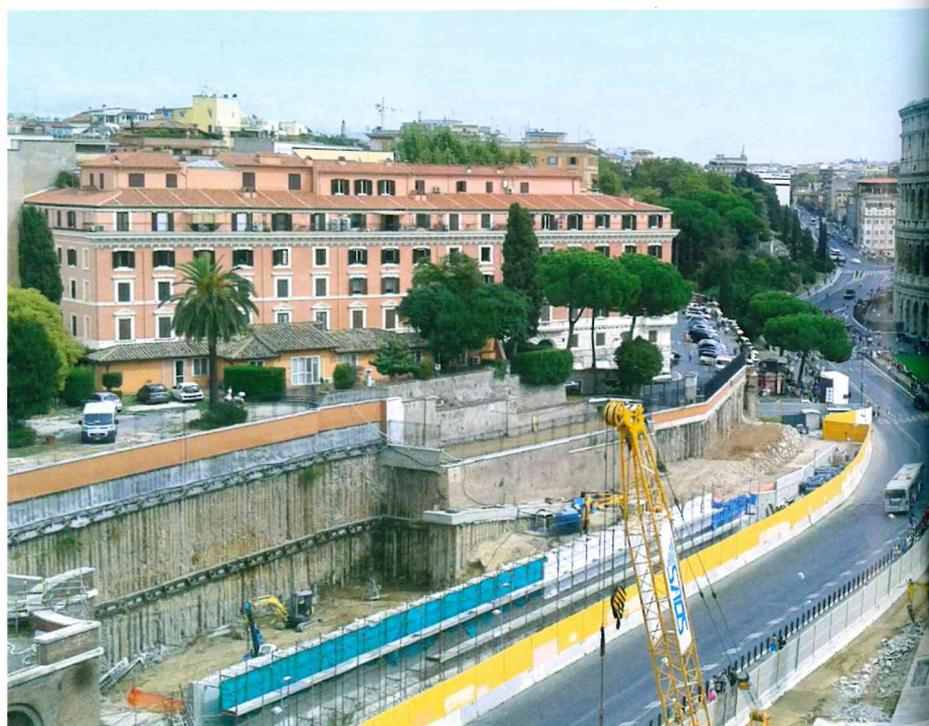
“La prima metro di Roma a Sistema di Automazione Integrale, la cui realizzazione ha implicato non convenzionali tecniche di perforazione, il congelamento dei terreni per consolidarli e impermeabilizzarli e la modifica del sistema top-down per adattare lo scavo alle esigenze archeologiche”

La Linea C della metropolitana di Roma è la prima metropolitana a totale conduzione automatica, senza macchinista a bordo, costruita nella Capitale.

La realizzazione dell'opera è stata affidata a Metro C S.c.p.A, raggruppamento di imprese composto da cinque grandi aziende che hanno realizzato opere analoghe in Italia ed in tutto il mondo: Astaldi, Vianini Lavori, Ansaldo STS, CMB, CCC.

Oggetto dell'affidamento è la progettazione, realizzazione, direzione lavori e fornitura dei treni del tratto da Monte Compatri/Pantano a Clodio/Mazzini, con la possibilità di estensione fino a Grottarossa.

La Linea C è stata concepita per collegare il quadrante est di Roma con il quadrante nord-ovest, attraversando tutto il centro storico



della Capitale.

Attualmente i lavori sono stati disposti solo fino alla Stazione Fori Imperiali ed è stato richiesto a Metro C di redigere il progetto definitivo limitato ad un prolungamento della linea solo fino alla Stazione Venezia.

La storia

Il bando di gara è stato pubblicato il 15 febbraio 2005. Il 28 febbraio 2006 Roma Metropolitane ha aggiudicato la gara all'ATI composta dalle aziende che hanno successivamente costituito Metro C S.c.p.A.

Il contratto di appalto tra il committente Roma Metropolitane e Metro C S.c.p.A. è stato stipulato il 12 ottobre 2006. I lavori, nei cantieri della prima e seconda tratta, sono iniziati progressivamente da gennaio 2007 al primo semestre 2008. Precedentemente, nel Maggio del 2006 sono stati aperti i cantieri per effettuare le prime indagini archeologiche sull'intero percorso della nuova linea metropolitana.

Il 15 dicembre 2013 Metro C S.c.p.A. ha consegnato ad ATAC (la società che ge-

Cantiere stazione Fori Imperiali



Stazione Malatesta

stisce l'esercizio della metropolitana), il primo tratto della Linea C, da Monte Compatri/Pantano a Parco di Centocelle, in modo da poter effettuare il pre-esercizio della linea. Questo primo tratto di metropolitana comprende ovviamente anche il Deposito Officina di Graniti (un'area di 217.000 mq), che accoglie l'intero parco rotabile e dove ha sede il Posto Centrale Operativo, da dove si guida e controlla a distanza l'intera linea.

Alle 5.30 di domenica **9 novembre 2014** i primi treni hanno collegato il tratto tra Monte Compatri-Pantano e Parco di Centocelle.

L'11 maggio 2015 è stata consegnata ad ATAC anche la seconda tratta funzionale, dalla stazione di Parco di Centocelle alla stazione di Lodi, con 5,4 km tutti in sotterranea e 6 nuove stazioni, aperta al pubblico dal **29 giugno 2015**.

Le gallerie

Il tratto sotterraneo è stato scavato mediante 4 TBM, (Tunnel Boring Machine) varate le prime due nel Maggio 2008 dal pozzo d'introduzione scudi del cantiere TBM Giardinetti per scavare in direzione Pozzo 5.4, mentre le altre due hanno effettuato lo scavo da Pozzo TBM Malate-

sta a Pozzo 5.4. Contemporaneamente le prime due TBM sono state estratte dal Pozzo 5.4 e calate all'interno del Pozzo TBM Malatesta, da dove hanno scavato fino alla stazione di San Giovanni. Dopo il passaggio della "talpa", che avanza di circa 8/12 metri al giorno con punte di 20 metri e può lavorare 24 ore su 24 per sette giorni alla settimana, la galleria è sostanzialmente finita, completa del suo rivestimento e pronta per essere attrezzata con i binari e tutti gli impianti tecnologici indispensabili per il controllo e la gestione del traffico.

Il futuro

Il prossimo passo è la consegna ad ATAC della Stazione San Giovanni, dove avverrà l'interscambio con la linea A. La tratta San Giovanni/Fori Imperiali è in fase di costruzione, essendo i lavori iniziati il 21 marzo 2013 e l'ultimazione contrattualmente prevista nel 2020. Per la tratta Fori Imperiali/Piazza Venezia il progetto definitivo è stato consegnato al Committente a dicembre 2014 e sono in corso le attività istruttorie. A seguito delle molteplici criticità rilevate, le attività di progettazione della tratta Piazza Vene-

zia/Clodio Mazzini sono state sospese su ordine di Roma Metropolitana dall'11 marzo 2010.

I numeri

n. 21 stazioni complete e funzionanti;
n. 1 stazione in corso di ultimazione (S. Giovanni);
n. 2 stazioni in corso di esecuzione (Amba Aradam e Fori Imperiali)
ml. 19.100 di gallerie circolari realizzate con TBM ed attrezzate;
ml. 1.400 di gallerie realizzate in tradizionale ed attrezzate;
ml. 4.500 di porte automatiche di banchina;
ml. 40.000 di binario con 140 scambi linea-deposito;
n. 30.000 corpi illuminanti a basso consumo energetico;
n. 12 pozzi di ventilazione;
n. 1 deposito officina di 220.000 mq completo e funzionante;
n. 9 fabbricati di deposito, per complessi

sivi 254.000 mc, con funzionalità automatiche, completi e funzionanti;
n.1 Dirigenza Centrale Operativa per la gestione in automatico dell'intera Linea C;
n. 8 sottostazioni elettriche;
n. 82 scale mobili;
n. 71 ascensori;
n. 13 treni in circolanti sulla tratta lunga 18.000 ml con 21 stazioni;
oltre 200 imprese operative nei cantieri per la realizzazione dei lavori;
oltre 6000 verifiche antimafia per contratti, servizi e forniture;
2.400.000 mc di scavo realizzati;
750.000 mc di calcestruzzo gettati;
140.000 tonnellate di acciaio posate.

Il Sistema ad Automazione Integrale

Il materiale rotabile in servizio sulla Metro C della Capitale deriva dalla classe della "Metropolitana Automatica AnsaldoBreda", chiamata comunemente an-



Dirigenza centrale operativa

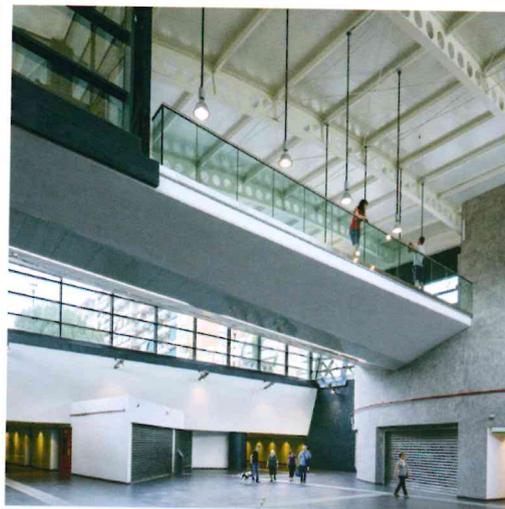
che "driverless", dove tutti i convogli, senza conducente a bordo, sono controllati e guidati a distanza dal "Sistema di Automazione Integrale", realizzato interamente dalla Ansaldo STS. Questo sistema consente la gestione operativa dell'intera linea in modo completamente automatico, allo stesso modo di come già accade sulle linee metropolitane di Milano (M5), Brescia e Copenaghen, che

Descrizione Generale dei treni

I treni, forniti da Ansaldo Breda per la linea C della metropolitana di Roma, sono composti da 2 Unità di Trazione di 3 casse (M1-R1-S1)+(S2-R2-M2) non indipendenti, con testate finestate alle due estremità. Alle estremità del treno sono installati accoppiatori automatici che consentono il collegamento meccanico, pneumatico ed elettrico. L'accoppiamento è previsto solo per il recupero di convogli guasti in linea, mentre il normale esercizio è svolto con treni di 6 casse. Il requisito di integrità delle strutture portanti della cassa in caso di urto sino a 15 km/h ha imposto l'adozione di accoppiatori con di-



spositivi di assorbimento; di conseguenza la testa dell'accoppiatore automatico è posizionata a 4647 mm dall'asse del carrello anteriore. L'accoppiabilità è comunque garantita su curve di raggio ≥ 160 mt. Gli intercomunicanti consentono la libera circolazione dei passeggeri tra le vetture anche durante la marcia del convoglio. La tipologia di intercomunicante è già stata utilizzata su altre metropolitane e in particolare sui veicoli della linea A della metropolitana di Roma, che presentano pareti laterali ad unico pannello flessibile senza gap o parti in movimento relativo. Sono inoltre dimensionati per sopportare, senza alcun danneggiamento, spostamenti e rotazioni relative tra le casse di molto superiori a quelle massime calcolate per l'attuale tracciato della linea C. Nonostante la conformazione rastremata delle casse è stato possibile mantenere una ampia area di passaggio e garantire almeno 1350mm nel punto di larghezza minima. La struttura delle casse, così come i carrelli motore e portante sono derivati da soluzioni già sperimentate sulla metropolitana di Madrid. In particolare i carrelli, del tipo a telaio articolato, garantiscono un elevato livello di confort, la massima adattabilità ad eventuali imper-



Stazione Teano

utilizzano la stessa tecnologia, in grado di garantire contemporaneamente sia il massimo dell'efficienza nella marcia dei treni che elevati standard di sicurezza sotto ogni aspetto.

Il driverless si basa soprattutto su un sistema innovativo chiamato ATC (Automatic Train Control) – fornito da Ansaldo STS – e su una profonda integrazione sistemistica fra tutti gli impianti di una linea

metropolitana.

ATC è un classico frutto dell'evoluzione tecnologica. Il sistema di marcia automatica dei treni, infatti, è composto da tre sotto-sistemi già sperimentati da tempo singolarmente nelle ferrovie e nelle metropolitane:

ATP (Automatic Train Protection) è un sistema di protezione automatica che controlla la distanza e la velocità fra i treni,

utilizzato dagli inizi del secolo scorso nelle prime metropolitane.

ATS (Automatic Train Supervision) è un sistema di controllo globale del sistema e di gestione centralizzata del traffico.

ATO (Automatic Train Operation) è un sistema di guida automatica che regola per ciascun veicolo la marcia secondo le indicazioni fornite dal sistema ATS e l'arresto a bersaglio nelle stazioni.



fezioni della via e la minimizzazione di rumorosità e vibrazioni.

La trazione è affidata ad un convertitore ad IGBT con raffreddamento ad aria forzata su ciascuna motrice, che alimenta i quattro motori di una cassa. La soluzione garantisce una regolarità di esercizio, grazie alla ridondanza ed al sovradimensionamento dei singoli convertitori, consentendo di sfruttare al meglio l'aderenza.

L'impianto freno pneumatico recepisce le più avanzate soluzioni e consente, nel pieno rispetto dei requisiti di sicurezza, di privilegiare



in ogni condizione di esercizio la frenatura elettrodinamica a livello di treno e quella a recupero di energia.

Le porte passeggeri sono a comando elettrico, ad elevata affidabilità e ridotta manutenzione. La rumorosità in fase di apertura/chiusura è particolarmente contenuta.

I treni sono equipaggiati con un sistema di informazioni audio video ai passeggeri, con la possibilità di ricevere anche durante l'esercizio i messaggi ed i filmati da trasmettere nel comparto. Il sistema è integrato con i dispositivi di video sorveglianza e diagnostici di bordo.



Porte di banchina

In pratica l'ATC utilizza le tecnologie di questi tre sistemi in modo sinergico. Il cuore del sistema di automazione integrale ATC è la Dirigenza Centrale Operativa da cui si diramano tutti i comandi operativi.

Le banchine di stazione sono chiuse verso la via di corsa da Porte Automatiche di Banchina scorrevoli sincronizzate con l'apertura delle porte del treno.

Infatti, quasi come un ascensore, le porte delle pareti divisorie in vetro, che separano la linea metropolitana dai passeggeri in attesa, si aprono esclusivamente alla fermata dei treni in stazione.

I convogli della Linea C sono di ultima generazione, tecnologicamente avanzati, guidati e controllati a distanza dal Sistema di Automazione Integrale. Il parco vetture completo sarà composto da 30 convogli con 6 vagoni ciascuno, completamente climatizzati.

La prima commessa di Metro C all'AnsaldoBreda riguarda 13 treni, attualmente in circolazione, composti da 6 carrozze ciascuno. I vagoni, completamente climatizzati, hanno 204 posti a sedere con spazi per i portatori di handicap e per il trasporto di biciclette.

Non avendo macchinista, i treni in testa e in coda hanno uno spazioso belvedere. La velocità di crociera sarà di 35 km/h, ma i treni potranno raggiungere anche gli 80 km/h.

Il cantiere della stazione San Giovanni della Metro C di Roma

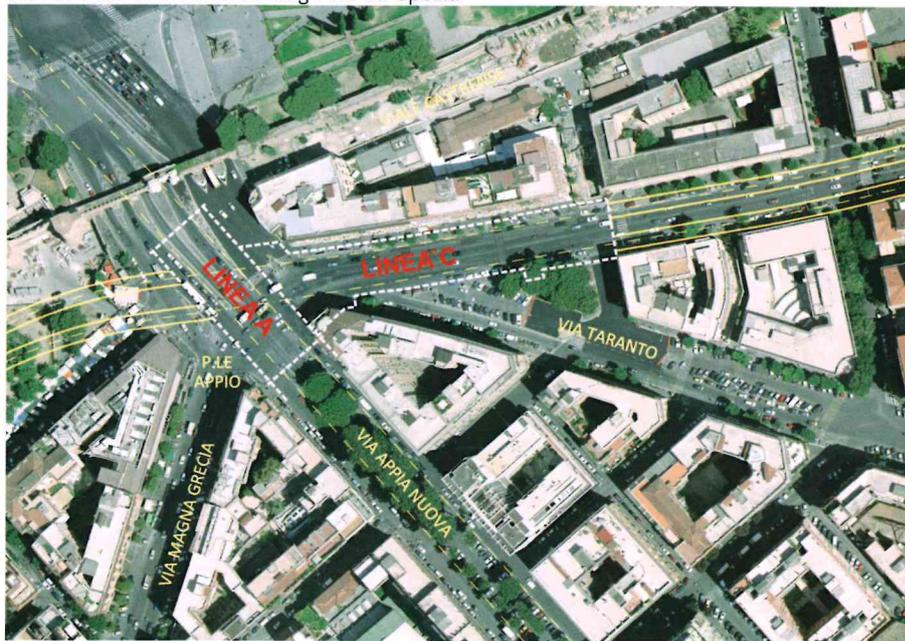
Nello sviluppo della Linea C della metropolitana di Roma, riveste un ruolo strategico la stazione San Giovanni come fondamentale nodo di interscambio con l'esistente Linea A che permetterà una connessione integrata della periferia Est con le zone più centrali della capitale.

La stazione San Giovanni è collocata in un'area nevralgica della città di Roma,

fortemente antropizzata, in prossimità della Basilica di San Giovanni in Laterano e nel cuore del quartiere Appio Latino, tra via La Spezia e Largo Brindisi, in adiacenza all'omonima stazione della linea A. La nuova stazione San Giovanni della Metro C è inserita all'interno di un manufatto a pianta rettangolare, avente una lunghezza di 140 metri, una larghezza di 20 metri e una profondità di scavo di circa 35 metri dal piano di campagna.

L'interscambio degli utenti tra le due stazioni avviene in sotterraneo ed è previsto su due livelli: il primo a piano atrio ed il secondo al piano denominato di "corrispondenza", all'interno della linea dei tunneli. Sono inoltre presenti due piani tecnici e quattro corpi scale che permettono agli utenti di raggiungere i livelli banchina. Da un punto di vista geologico le formazioni presenti nel sottosuolo nell'area della costruenda stazione sono una transizione dai terreni vulcanici della periferia orientale della città di Roma verso quelli del centro storico (paleo alveo del Tevere). A partire dal piano di campagna la successione stratigrafica prevede un primo strato di riporti archeologici, il cui spessore raggiunge valori di 13 - 18 metri, e uno strato di depositi alluvionali recenti. I depositi pleistocenici sono caratterizzati da un'unità superiore costituita da limi argillosi e argille limose, localmente

La stazione San Giovanni lungo via La Spezia

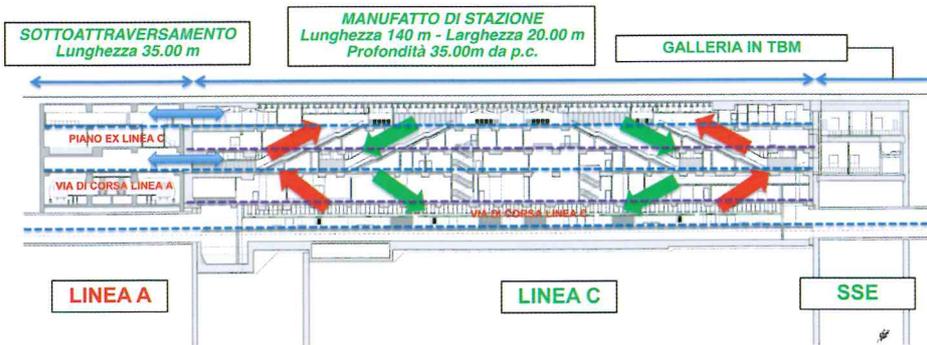
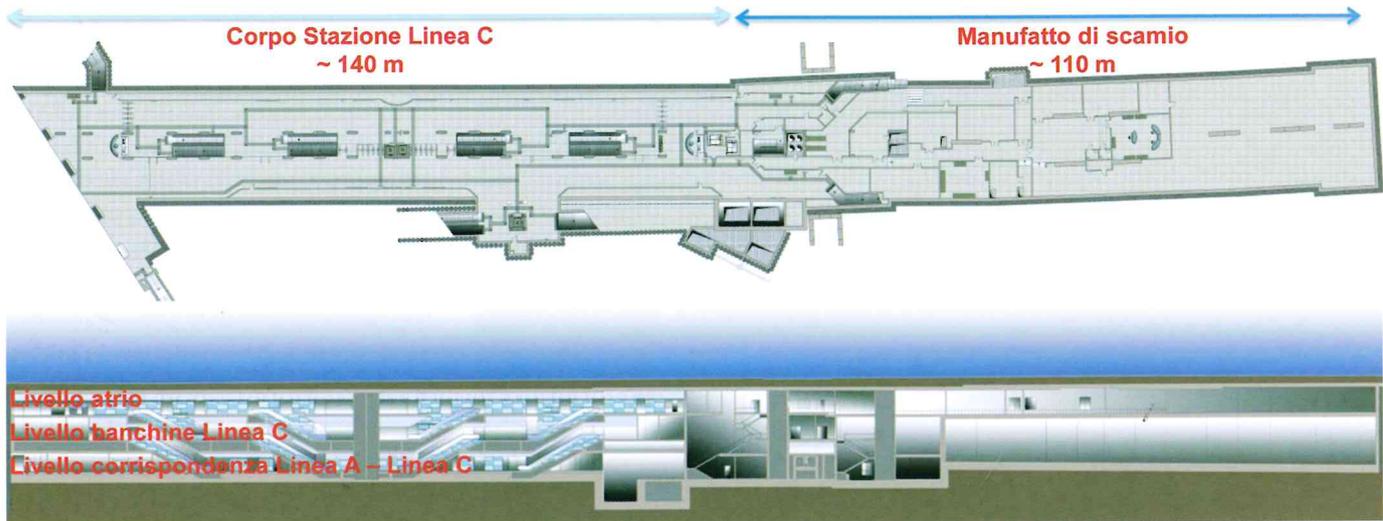


Il progetto posto a base di gara

Lunghezza del manufatto ~250 m - Profondità del solaio 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



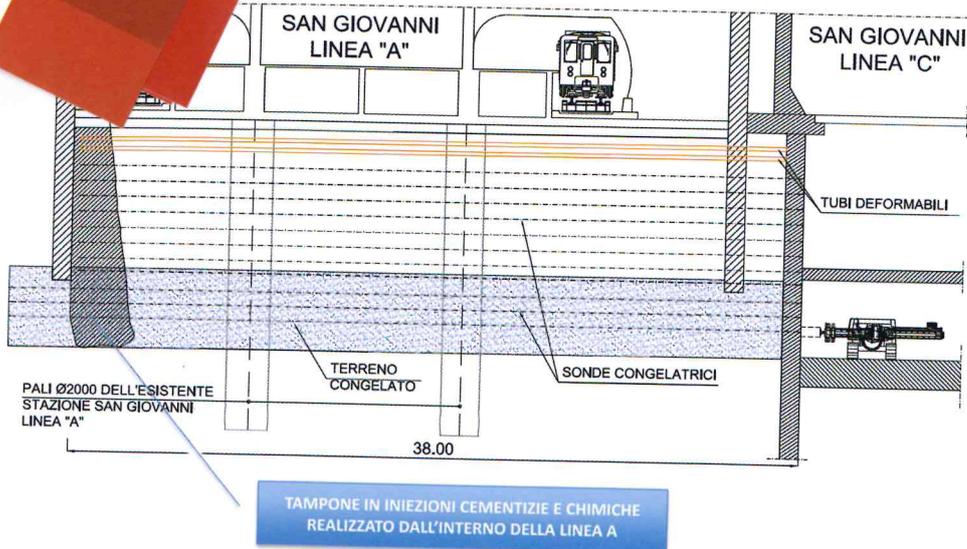
Soluzione di Variante - Sezione Longitudinale - Linea C e Linea A

denza Speciale per i Beni Archeologici di Roma prescriveva la necessità di effettuare scavi a cielo aperto con modalità archeologica nei terreni di riporto, fino a circa 19 metri dal piano campagna e la realizzazione di scavi non meccanizzati per l'esecuzione delle gallerie di linea nella tratta compresa tra la stazione San Giovanni e la stazione Amba Aradam -

La stazione San Giovanni lungo via La Spezia

sabbiose, ed un'unità inferiore costituita da sabbie e ghiaie. Quest'ultimo litotipo è direttamente a contatto con la formazione pliocenica delle argille azzurre molto consistenti, che i sondaggi hanno individuato a profondità di circa 44 metri dal piano di campagna. Il regime piezometrico si presenta relativamente complesso in accordo con la situazione stratigrafica. Il progetto della stazione San Giovanni ha subito notevoli modifiche a seguito delle risultanze dei carotaggi archeologici preventivi all'esecuzione dei diaframmi perimetrali, oltre che ai ritrovamenti archeologici rinvenuti nel corso degli scavi preventivi eseguiti sulla tratta T3 nei Giardini di via Sannio. Il rinvenimento di strutture antiche da preservare sino ad una profondità di circa 18-20 metri dal piano campagna ha fatto sì che la Soprinten-





Ipponio. Queste prescrizioni hanno comportato una variante progettuale che ha previsto la modifica plano-altimetrica del tracciato con l'abbassamento della livellata a partire dalla Stazione Lodi con il conseguente sottoattraversamento della stazione esistente San Giovanni Linea A, abbandonando il piano appositamente lasciato vuoto al di sotto del livello atrio ai tempi della costruzione. Tale modifica ha permesso di eliminare l'interferenza delle gallerie di linea con gli strati archeologici mentre la riduzione della lunghezza del

manufatto di stazione, traslando la connessione ferroviaria, posta a valle della stazione stessa, in un apposito manufatto speciale ubicato nella zona di via Roberto Malatesta e denominato "TBM Malatesta", ha permesso la riduzione del rischio archeologico per lo scavo del manufatto della stazione San Giovanni Linea C. Il progetto della Stazione San Giovanni ha subito pertanto una revisione globale con l'accorciamento del manufatto che è passato da 250 metri a 140 metri e l'approfondimento del fondo scavo di circa

Impianto di congelamento



14 metri. L'approfondimento del corpo stazione, a sua volta, ha comportato, non solo un allungamento dei diaframmi perimetrali che hanno raggiunto una lunghezza di circa 56 m. ma anche un incremento del loro spessore, passando da 80 cm a 120 cm. In ultimo, la stabilità del fondo scavo è stata garantita intestando le paratie perimetrali nelle argille plioceniche, litotipo avente spiccate caratteristiche di impermeabilità, permettendo al contempo l'eliminazione del trattamento in jet grouting, precedentemente previsto nel progetto posto a base gara e non in linea con le prescrizioni della soprintendenza speciale per i beni archeologici di roma dopo l'esecuzione dei carotaggi preliminari.

Altra problematica affrontata e risolta dai tecnici di Metro C è la presenza dei pali di fondazione della stazione esistente della Linea A, i quali con il loro diametro di 2000/2200 mm e lunghezza 15 metri hanno costituito un importante vincolo

Il Congelamento dei

Il metodo di congelamento artificiale dei terreni è una particolare tecnica di impermeabilizzazione e consolidamento temporaneo per lo scavo sotto falda di qualsiasi tipo di terreno (da grana grossa a grana fine) e rocce fratturate.

Tra i principali vantaggi della tecnica di congelamento artificiale dei terreni, rispetto ad altre tecnologie di consolidamento e impermeabilizzazione, vi è la completa eco-compatibilità dell'applicazione, in quanto nessun prodotto viene iniettato o disperso direttamente nel terreno. Infatti, i fluidi refrigeranti, impiegati nel trattamento di congelamento artificiale, non vengono mai direttamente a contatto con il terreno o con la stessa acqua di falda.

per la scelta del nuovo tracciato planimetrico. L'intervista tra i due binari della linea in corrispondenza della stazione doveva essere necessariamente posto pari a circa 1450 mm, con una riduzione della larghezza standard della banchina che è passata dai canonici 4 metri ai 3,55 metri per la sola stazione San Giovanni ed inoltre non è stato possibile l'inserimento di appoggi intermedi per il sostegno dei solai che hanno una luce unica di circa 20 metri.

Tutto ciò, quindi, ha comportato una revisione globale del progetto della stazione San Giovanni assieme all'importante modifica del progetto posto a base gara, che prevedeva inizialmente il superamento della linea A, mediante un sopra-passo, attraverso un piano predisposto all'interno della stazione San Giovanni esistente, realizzato negli anni '70' e posto a 10 metri dal piano di campagna. In questa nuova configurazione, invece, la Linea C sotto-attraverserà la stazione esi-



stente della Linea A per una lunghezza di 38 metri mediante lo scavo di due gallerie ad una profondità di circa 30 metri dal piano campagna. Tali gallerie verranno realizzate con scavo in tradizionale, sotto

falda, mediante il consolidamento e l'impermeabilizzazione del terreno con la tecnologia del congelamento. La scelta di tale metodologia, deriva dall'impossibilità di effettuare consolidamenti dall'alto vi-

terreni, il caso della stazione San Giovanni della Metro C di Roma

evitando, così possibili contaminazioni o inquinamento delle falde idriche. Inoltre, grazie al fondamentale sistema di monitoraggio nell'utilizzo di questa tecnologia, è possibile verificare il controllo della formazione del muro di ghiaccio, consentendo la possibilità di eseguire interventi preventivi in zone con possibili anomalie anticipatamente allo scavo definitivo.

Proprio per queste importanti peculiarità, la scelta dei tecnici di Metro C è ricaduta sulla tecnica del congelamento dei terreni, l'unica che può garantire un efficace controllo (attraverso le sonde termometriche) del raggiungimento degli spessori di terreno ghiacciato previsti a garanzia della completa impermeabilizzazione dei terreni al contorno delle due gallerie da realizzare per il sotto-attraversamento della linea A. Realizzata interamente dal Gruppo Trevi, che nel corso degli anni ha eseguito in varie parti del mondo questa particolare

tecnica, dalla torre di Pisa al tunnel ferroviario del Sophia Spoor-tunnel in Olanda, dalla Metropolitana di Napoli, fino ai laboratori del Cern in Francia. Il gruppo Trevi S.p.A. è la principale azienda italiana e tra le prime a livello mondiale, operante nell'ingegneria del sottosuolo, nella progettazione e nella produzione di macchinari e attrezzature specialistiche del settore e nella ricerca e perforazione di gas, acqua e petrolio. La metodologia scelta dalla Trevi per questo

cantiere è stata quella mista sia indiretta, definita "a salamoia", che diretta definita "ad azoto liquido". Nel metodo indiretto, detto a ciclo chiuso, il fluido refrigerante, composto da una soluzione di cloruro di calcio chiamata salamoia, viene inviato alle sonde congelatrici dove scambiando calore si riscalda;



sta la presenza della stazione esistente e soprattutto vista la natura dei terreni da scavare che, per circa 2/3 della sezione della galleria hanno una natura granulare con forte presenza di sabbie e ghiaie e permeabilità piuttosto elevata dell'ordine di 10-4 m/s. Lo scavo sarà eseguito dal profondo pozzo dalla stazione della Linea C previa esecuzione del congelamento, per il quale sono previste perforazioni guidate propedeutiche all'installazione di sonde congelatrici e sonde termometri-



Solaio di copertura - trave prefabbricata in cemento armato

che della lunghezza complessiva di circa 40 m per ogni via di corsa. Il principale vincolo per lo scavo di queste due gallerie consiste nella presenza della soletta di fondazione e dai pali della stazione esistente, che ovviamente, rimarrà in esercizio durante l'intera durata dello scavo delle gallerie. La presenza di tali pali determina l'impossibilità di avere una chiusura continua di terreno congelato sotto

l'arco rovescio e la necessità di disporre, in questa zona, di colonne di ghiaccio orizzontali aventi diametri importanti dell'ordine di circa 3 – 3,5 metri. Infine, la stazione esistente della Metro A non presenta fodere interne e le paratie perimetrali, quindi, si contrappongono alle azioni orizzontali del terreno e dell'acqua e vanno a costituire la struttura portante della stazione per il trasferimento dei carichi ver-

ritorna all'impianto frigorifero dove viene nuovamente raffreddato e quindi rinviato nuovamente alle sonde. Il sistema di congelamento "a salamoia" è composto da un potente impianto frigorifero ed un sistema di distribuzione che veicola la salamoia alle sonde congelatrici. Il metodo diretto, chiamato "ad azoto liquido" o ciclo aperto, impiega azoto liquido quale fluido frigorifero: questo viene fatto circolare all'interno di un circuito aperto e dopo il suo passaggio nelle sonde congelatrici, dove scambiando calore si riscalda ed evapora, viene disperso in atmosfera allo stato gassoso.

L'intero impianto di congelamento "ad azoto liquido" è costituito da un serbatoio a doppia parete in

pressione contenente azoto liquido ed il sistema di distribuzione che trasporta l'azoto liquido dal serbatoio alle sonde congelatrici. Nelle diverse sonde congelatrici, a seconda del volume da trattare, viene fatto evaporare l'azoto liquido e dopo la gassificazione all'interno delle sonde viene scaricato direttamente in atmosfera attraverso degli sfiati.



La metodologia indiretta è caratterizzata da una minore potenza frigorifera e da un impianto tecnologicamente complesso: si hanno quindi generalmente tempi di congelamento più lunghi e una minor applicabilità in presenza di acqua in movimento. Il metodo diretto o ad "azoto liquido" è caratterizzato da una potenza frigorifera nettamente più elevata e da un impianto di notevole semplicità; si hanno



ticali ai terreni di fondazione. Per questo motivo, le paratie perimetrali della Linea A, lato San Giovanni Linea C, sono state sottofondate per mezzo di 6 diaframmi realizzati ortogonalmente a quelli esistenti e connessi a questi ultimi per mezzo di una fodera esterna spinottata, in grado di trasferire i pesanti carichi verticali agli strati profondi di terreno di fondazione. Il difficile scenario dell'area interessata

dal cantiere, con elevata urbanizzazione e dinamiche di traffico di notevole complessità, ha sollecitato i progettisti e l'impresa esecutrice ad adottare moderni interventi di costruzione, privilegiando il sistema top-down. Al fine di adattare tale metodologia di scavo alle esigenze archeologiche del cantiere della stazione San Giovanni della Metro C è stato necessario mettere a punto una modifica al clas-

sico sistema di scavo in top-down, con l'utilizzo diffuso di strutture prefabbricate autoportanti in fase di getto.

In tale contesto che prevede la modalità di scavo archeologico per i primi 18-20 m da piano campagna, non volendo assolutamente rinunciare all'esecuzione dei solai in discesa che fungono da puntone per le paratie perimetrali, si è messa a punto una metodologia realizzativa che prevede, per ogni solaio: una prima fase, con lo scavo archeologico fino alla quota di imposta del solaio e l'esecuzione del cordolo perimetrale ed una seconda fase in cui si procede con il completamento del solaio, con il varo di strutture prefabbricate autoportanti in fase di getto, solo dopo aver raggiunto una quota di scavo posta ad almeno 3 m al di sotto dell'intradosso del solaio stesso.

Data l'impossibilità di inserire appoggi intermedi, per le strutture principali dei quattro solai intermedi della stazione si è scelto l'utilizzo di un'orditura principale di travi prefabbricate reticolari miste in acciaio-cl, aventi sezioni variabili tra 80 e 100 cm, in modo da limitare lo spessore dei solai e garantire il passaggio degli impianti e la fruibilità degli spazi.

L'utilizzo di tali strutture principali, completamente autoportanti in fase di getto e con luci di circa 20 metri, ha velocizzato e facilitato di molto le operazioni di costruzione della stazione San Giovanni, anche se è stata richiesta un'accurata logi-

quindi generalmente tempi di congelamento ridotti ed una maggior resistenza del terreno congelato, unito ad un'ampia possibilità di utilizzo in presenza di acqua in movimento. L'unico svantaggio è l'elevato costo nei trattamenti, soprattutto negli impieghi su elevate dimensioni e a lunga durata rispetto al metodo "a salamoia". Il sistema misto di congelamento "Azoto-Salamoia", scelto per il cantiere della stazione San Giovanni, oltre a sintetizzare i vantaggi delle due metodologie, mediante opportuni accorgimenti ed eventuali sostituzioni di componentistica, prevede che le stesse sonde congelatrici, previste per una lunghezza complessiva di 40 metri, per ogni via di corsa delle gallerie, possono essere alimentate prima con azoto e successivamente con salamoia o viceversa, utilizzando materiali per uso criogenico adatti a tale scopo e caratterizzati da alta resistenza. La metodologia mista "Azoto-Salamoia", dispone di una più ampia flessibilità d'impiego, legata alla possibilità di scelta di utilizzare in qualsiasi momento un sistema piuttosto che l'altro, con brevi tempi di conversione, questo presenta una maggiore sicurezza operativa, derivata dalla possibilità di poter disporre del sistema ad azoto in grado di risolvere eventuali problemi quali: errori nel posizionamento delle sonde congelatrici, disomogeneità del terreno, inaspettate velocità e flussi di acqua, rotture di sonde congelatrici.

stica per il trasporto, la movimentazione e il montaggio di questi grandi elementi. Infatti, le quasi 100 travi (25 per ognuno dei 4 impalcati che formano la struttura della stazione: Piano Atrio, Primo Livello Tecnico, Piano di Collegamento e Secondo Livello Tecnico) sono state movimentate all'interno della stazione, mediante un apposito carroponete sotto-copertura, vincolato di volta in volta all'intradosso del solaio posto superiormente a quello in fase di realizzazione.

Attualmente il manufatto della stazione San Giovanni Linea C è interamente scavato e sono in corso contemporaneamente gli ultimi getti di completamento, le finiture edili interne ed il montaggio degli impianti e delle scale mobili. Sulla testata della stazione lato Linea A, invece, sono in corso le attività di scavo e rivestimento sotto congelamento.

La tecnologia del congelamento artificiale dei terreni è una tecnica di impermeabilizzazione e/o consolidamento temporaneo per lo scavo di gallerie sottofalda. Tale tecnica consiste nel congelare l'acqua all'interno di un volume di terreno, secondo una geometria nota, sottraendo calore dal terreno attraverso degli speciali scambiatori di calore detti sonde congelatrici.

Il raffreddamento del terreno viene ottenuto
Avanzamento dei lavori piano banchina

nuto facendo circolare, all'interno del volume da consolidare, un liquido a bassa temperatura, che provvede all'estrazione del calore e alla dissipazione dello stesso all'esterno. Affinché il congelamento del terreno possa avvenire in maniera efficace ed omogenea, risulta essenziale che le canne congelatrici vengano posizionate rispettando la geometria e gli interassi di progetto per tutta la loro lunghezza, ovvero che le stesse non divergano oltre le tolleranze imposte dal progetto stesso. Vista la complessità dell'opera e la vicinanza delle pre-esistenti strutture di fondazione della stazione, il progetto prevedeva l'esecuzione di perforazioni direzionali a guida magnetica con il controllo e la correzione dell'andamento dell'asse del foro, al fine di limitare quanto più possibile l'incremento dei già elevati interassi di progetto fra le perforazioni.

Nonostante l'adozione di un sistema di controllo e guida magnetica già ampiamente sperimentato ed applicato con successo presso altri cantieri in adiacenza alla linea ferroviaria in esercizio, sin dalle prime perforazioni eseguite è stato evidente il disturbo causato dai campi elettrici e magnetici presenti in sito, tale da rendere difficoltoso ed a tratti impossibile la guida della perforazione legata ad un campo magnetico indotto artificial-



Estrazione TBM stazione San Giovanni

Commessa record per

ThyssenKrupp Elevator Italia, divisione di ThyssenKrupp Elevator AG, si è aggiudicata un contratto record per la fornitura e posa in opera di 88 scale mobili e 41 ascensori a servizio di 14 stazioni metropolitane della nuova Linea "C" di Roma. Si tratta di un traguardo storico non solo per Thyssen Krupp Elevator Italia ma anche per l'intero comparto nazionale di impianti ascensori e scale mobili, visto che fino ad oggi non era mai stata aggiudicata una commessa così grande nel settore ascensoristico italiano. Ed è un record rilevante non solo dal punto di vista economico, giacché riconosce l'eccellenza tecnologica messa al servizio della più complessa e straordinaria infrastruttura di trasporto pubblico progettata in Italia da diversi anni.





mente di coordinate note. Il transito dei convogli della linea Metro "A" durante le ore diurne ma anche la presenza dell'elettrificazione e dell'armamento della stessa linea e/o altri disturbi presenti anche nelle ore notturne, hanno reso problematica l'acquisizione dei dati relativi al direzionamento.

A valle di ciò, Metro C e Trevi sono ricorsi a sistemi alternativi di guida con un controllo qualitativo e discontinuo delle deviazioni durante la perforazione; in particolare si è adottata la tecnica di perforazione con guida ottica.

Tale metodologia di guida delle perforazioni, a causa di una litologia molto grossolana dei terreni da attraversare e per l'abbondante presenza di acqua, non ha fornito buoni risultati; si sono infatti riscontrate eccessive torsioni e sollecitazioni gravanti sulle aste di perforazione e problemi di collimazione delle luci di

guida per presenza di acqua all'interno della batteria.

La problematica di direzionabilità dei fori è legata ad un anomalo comportamento all'interno dello strato delle sabbie e ghiaie grossolane dell'utensile asimmetrico utilizzato per correggere la direzione di perforazione.

Metro C e Trevi hanno pertanto dovuto abbandonare la tecnologia della direzionabilità dei fori e hanno sperimentato diverse tecniche di perforazione con il rilievo delle deviazioni per step successivi, dove la tecnica lo consentiva o in alternativa a posteriori.

Tali sperimentazioni hanno portato dopo circa 6 mesi di prova alla scelta dell'abbinamento di un martello a fondo foro ad acqua tipo Wassara unito ad un sistema di trascinamento diretto dei tubi di attesa definitivi, senza rotazione degli utensili. L'utilizzo di speciali rivestimenti a perdere

ThyssenKrupp Elevator Italia: la più grande mai aggiudicata finora nel settore ascensoristico del nostro Paese

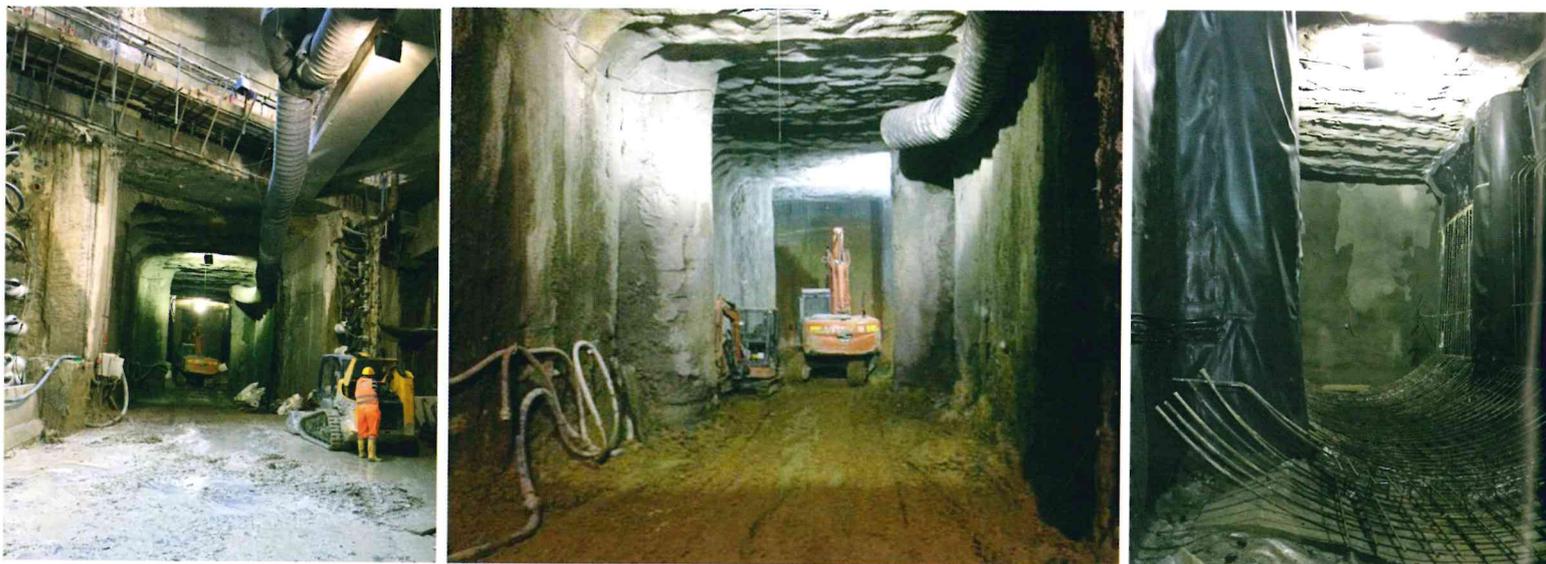
L'installazione degli impianti ThyssenKrupp Elevator Italia di ultima generazione facilita il trasporto pubblico delle persone, riduce i tempi di percorrenza e incrementa la funzionalità delle stazioni. Numericamente progettati in proporzione ai flussi di carico attesi, tali impianti contribuiscono attivamente anche all'abbattimento delle barriere architettoniche.

L'accordo riguarda la fornitura e posa in opera di 129 impianti a servizio delle stazioni delle tratte T4, T5, T6A, e degli edifici del Deposito Graniti:

- N° 15 Ascensori a servizio delle stazioni della Tratta T4;
- N° 15 Ascensori a servizio delle stazioni della Tratta T5;
- N° 9 Ascensori a servizio delle stazioni della Tratta T6A;
- N° 2 Ascensori a servizio degli edifici del Deposito Graniti;
- N° 37 Scale Mobili a servizio delle stazioni della Tratta T4;
- N° 42 Scale Mobili a servizio delle stazioni della Tratta T5;
- N° 9 Scale Mobili a servizio delle stazioni della Tratta T6;

La selezione di ThyssenKrupp Elevator Italia per questo straordinario progetto è stata determinata dal mix di competenze ed esperienze italiane internazionali che l'azienda vanta nella movimentazione del pubblico all'interno di grandi strutture, dagli elevati standard di qualità e avanguardia tecnologica dei prodotti e dai massimi livelli di affidabilità tecnico-finanziaria della società.





Galleria di sotto attraversamento Linea A - stazione San Giovanni

su ogni perforazione, con materiali e giunzioni sovradimensionati rispetto a quanto ipotizzabile sui terreni in sito e la scelta di un sistema innovativo a sola percussione ha consentito di irrigidire il sistema di perforazione e di limitare le deviazioni dei fori a causa della forte disomogeneità. Tale metodologia di perforazione è certamente non convenzionale e non è mai stata utilizzata in terreni aventi caratteristiche geologiche simili a quelle in esame. A consuntivo, le perforazioni realizzate al di sotto dell'arco rovescio hanno avuto

un andamento molto irregolare, influenzato dalla forte disomogeneità e discontinuità laterale del terreno, nonché dalla presenza dei pali della stazione esistente. Gli interassi verticali di progetto dell'ordine di 80 cm sono, nelle sezioni peggiori a circa 35-37 metri di lunghezza, incrementati a circa 1.6 metri. Gli interassi orizzontali di progetto fra le perforazioni adiacenti ai pali esistenti, pari a circa 3 metri, sono, nelle sezioni peggiori a circa 35-37 metri di lunghezza, aumentati a circa 3.7 metri. Le nuove maschere di

congelamento hanno pertanto un incremento del numero delle perforazioni di circa il 50% e conseguentemente un aumento dei tempi necessari per raggiungere gli spessori del muro di ghiaccio progettualmente previsti a causa della divergenza tra le sonde congelatrici. Attualmente il manufatto della stazione San Giovanni Linea C è interamente scavato e sono in corso contemporaneamente gli ultimi getti di completamento, le finiture edili interne ed il montaggio dei vari impianti e delle scale mobili. ■

ThyssenKrupp Elevator Italia contribuisce alla costruzione di un'opera che, coniugando antichità e modernità, reca prestigio a Roma e all'intera nazione: grazie alla capacità di innovare luoghi e architetture e grazie a una concezione inedita degli spazi che punta a creare sempre maggiore funzionalità di movimento e accessibilità per i cittadini.

La Metro C di Roma, è di enorme rilievo non solo per il valore storico-archeologico del suo percorso che si snoda tra monumenti e palazzi storici, ma soprattutto perché in Italia sarà la prima grande infrastruttura di trasporto pubblico ad essere guidata e controllata a distanza da un sistema di automazione integrale. Un dato ancor più significativo, dato che sarà la più lunga linea di trasporto urbano su rotaia con 25.5 km complessivi (di cui 17.6 km in sotterraneo), 30 stazioni, un traffico stimato di circa 600.00 persone al giorno e una capacità di 24.000 passeggeri all'ora per senso di marcia.

Nell'ambito delle grandi opere pubbliche e strutture ad intenso traffico

di persone, la commessa per la Metro C di Roma si aggiunge ai recenti successi ottenuti da ThyssenKrupp Elevator Italia tra cui la nuova Stazione Centrale di Milano (19 ascensori, di cui 8 panoramici, e 16 tappeti mobili inclinati, lunghi fino a 35 metri), e "l'Altra Sede della Regione Lombardia" (32 impianti) dove speciali ascensori - al servizio del nuovo grattacielo più alto d'Italia, realizzato nel complesso di edifici - raggiungeranno il record italiano di velocità con 8 m/s, eguagliando così il primato dei più avanzati impianti europei. ThyssenKrupp Elevator Italia è una divisione di ThyssenKrupp Elevator AG una delle società leader a livello mondiale nel settore ascensoristico, comprendendo sistemi elevatori per il trasporto di passeggeri e di merce, scale e tappeti mobili, montacarichi, ponti di imbarco per gli aerei, e servizi a valore aggiunto per ogni tipologia di prodotto.