

Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

EDILIZIA POLIFUNZIONALE | LE TORRI E LA PIAZZA RIALZATA DI CESAR PELLI A

Cantiere

IL COMPLESSO DI CESAR PELLI A PORTA GARIBALDI prevede la realizzazione di una piazza rialzata sulla quale si affacciano tre nuovi grattacieli tra cui il più alto raggiungerà 145 metri (oltre 200 metri l'altezza considerando anche il corpo antenna).



Organizzazione e tecnologie 145 metri d'altezza in 48 mesi

Inserito all'interno del grande masterplan di Porta Nuova a Milano (uno dei progetti di riqualificazione urbana più grandi in Europa), il complesso costituito dai tre nuovi grattacieli ecosostenibili in vetro e acciaio che si affacciano sulla grande piazza rialzata sta ora per giungere a ultimazione. Tempi ristretti d'esecuzione e la collocazione del sito in uno snodo viabilistico strategico (con la stazione e le linee metropolitane a ridosso) e in prossimità del centro storico, senza aree di stoccaggio, sono gli elementi che hanno caratterizzato il cantiere e hanno richiesto soluzioni ad hoc.

Porta Nuova restituisce alla città oltre 290mila metri quadrati di aree scalo ferroviarie dismesse nel centro di Milano e a oggi rappresenta uno dei lavori di riqualificazione urbana più grandi in Europa. L'intervento nasce dallo sviluppo di tre masterplan relativi alle tre aree, Garibaldi, Varesine e Isola, sviluppati rispettivamente dagli studi Pelli Clarke Pelli Architects, Kohn Pedersen Fox Architects e Boeri Studio. I progetti prevedono destinazioni varie all'interno delle tre aree: residenze, spazi commerciali, centri direzionali, luoghi di aggregazione, centri

24
IL NUOVO CANTIERE
Ottobre 2011 N. 7

Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

PORTA GARIBALDI, MILANO
di Corrado Colombo

L'INTERO PROGETTO PORTA NUOVA

340mila mq di superficie totale

50mila mq di spazi commerciali

25mila mq di spazi culturali

100 mila mq di uffici

70 mila mq di residenze

160 mila mq di area verde

3 mila pa di parcheggi



IL CANTIERE

Committente: Hines Italia Sgr spa per conto del Fondo Porta Nuova Garibaldi

General contractor: Colombo Costruzioni

Responsabile di commessa: Geom. Luigi Paolo Bertoglio

Direttore tecnico di cantiere: Geom. Gianfranco Cesana

Progettista: Pelli Clarke Pelli Architects

Progettazione esecutiva: Adamson Associates Architects

Progettazione esecutiva locale: Tekne Ingegneria

Progettista strutturale (torri): Msc Associati srl (ing. Danilo Campagna)

Progettista strutturale (podio): Alpina spa (ing. Adriano R. Fava)

Progettista impianti (m/e): Buro Happold

Progettazione esecutiva impianti (m/e): Ariatta Ingegneria dei Sistemi srl

Progettazione paesaggistica: Edwiv ltd

Progettazione esecutiva paesaggistica: Land srl

Direzione lavori generale: ing. Giorgio Ceruti

Direzione lavori opere strutturali: Dlc srl (ing. Franco Cislighi); Ceas srl (ing. Giovanni Canetta)

Direzione lavori opere architettoniche: General Planning srl (ing. Giovanni Bonini)

Direzione lavori opere impiantistiche: Manens Intertecnica srl

Collaudatore delle opere in calcestruzzo armato normale e carpenteria metallica: Rms Progetti srl (ing. Sergio Sgambati)

Responsabile dei lavori: Gae Engineering (ing. Giuseppe Amaro)

Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione: Tekne Ingegneria (ing. Giuseppe Amaro)

Coordinatore per la sicurezza in fase d'esecuzione: Ati Hifson Moran Italia spa e Gae Engineering (ing. Giuseppe Amaro)

Progettazione acustica: Studio di ingegneria acustica e vibrazioni di M. Brugola

Progettazione sicurezza antincendio: Ctp srl

Progettazione parcheggi: Atm/Ceas

Progettazione impianti elevatori: Persohn/Hahn Associates

Stima dei costi: I&A consultants

Impianti di sicurezza: Selesa ingegneria spa

Progetto illuminotecnico: Piero Castiglioni srl

Progetto smaltimento rifiuti: Greenwish srl

Progettazione facciate: Studio Rigone

L'IMPRESA

L'impresa Colombo Costruzioni, che ha compiuto nel 2005 cento anni di vita, ha progressivamente ampliato nel tempo le proprie competenze e il proprio raggio d'azione. Operando nel mercato con la funzione di general contractor, l'azienda è coinvolta dalla valutazione edificatoria dell'area, alla progettazione, alla costruzione, fino alla consegna «chiavi in mano». Attraverso l'adozione della formula del project financing, Colombo Costruzioni si propone come partner di enti locali e istituzioni per la realizzazione di opere di inserimento nel tessuto urbano e territoriale. Si occupa anche di gestione di patrimoni immobiliari. Alcune tra le più significative opere realizzate da Colombo Costruzioni sono state firmate dai più importanti architetti contemporanei, come Ettore Sottsass, Antonio Gattaro, Vittorio Gregotti, Renzo Piano, Mario Botta, Gianmaria Beretta, Matteo Thun. Guidata oggi da Antonio e Luigi Colombo, l'impresa ha costruito l'Auditorium «Parco della Musica» a Roma, la nuova sede della Banca Popolare di Lodi di Renzo Piano, e, su progetto di Vittorio Gregotti, ha operato la ristrutturazione delle sedi milanesi del Corriere della Sera e della Gazzetta dello Sport e realizzato la sede della Banca Lombarda di Brescia. A Milano, tra le altre opere, si è occupata del Maciachini Center, della Sede Sky, mentre sono in fase di realizzazione oltre a Porta Nuova, anche gli interventi di Porta Vittoria.

IL PROMOTORE IMMOBILIARE

Fondato nel 1957 a Houston (Texas, Usa), Hines rappresenta uno dei principali operatori immobiliari a livello internazionale. Attivo nei settori dell'investimento, dello sviluppo e della gestione immobiliare, Hines attualmente svolge la propria attività in 17 paesi, con oltre 3.700 dipendenti e gestisce un patrimonio stimato circa 25 miliardi di dollari. I progetti di Hines a oggi sono 1.120 di cui 114 sono attualmente in corso, per un totale di oltre 42 milioni di metri quadrati. Hines cura molto gli aspetti relativi all'impatto ambientale e allo sviluppo sostenibile e ha sviluppato o ha in fase di sviluppo a livello mondiale oltre 198 edifici certificati Leed per circa 10 milioni di mq. Nel 2009 Hines è stato inoltre insignito del riconoscimento di Energy Star per oltre 147 edifici per un totale di oltre 7 milioni di mq. In Italia, la multinazionale è presente dal 1999 attraverso Hines Italia srl, creata insieme alla famiglia Catella, che opera nel settore immobiliare tramite la società Coima srl dal 1973. Manfredi Catella è amministratore delegato del gruppo che ha sede a Milano. Hines in Italia presenta attualmente una struttura integrata di oltre 60 professionisti dedicati all'investimento e lo sviluppo immobiliare. È specialista sia nell'attività di project management, sia nell'attività di investimento, per conto proprio e per conto di fondi di investimento immobiliari istituzionali.

LA PROGETTAZIONE

Di origine argentina, Cesar Pelli ha conseguito il diploma in Architettura presso l'Università di Tucuman. Fin da subito collabora presso lo studio di Eero Saarinen dedicandosi alla progettazione del Terminal Twa all'aeroporto JFK di New York e Morse e alla progettazione dei collegi Stiles alla Yale University. Dopo questo apprendistato, riveste il ruolo di direttore del Design Dmjm e acquisisce il grado di partner allo studio Gruen Associates. I suoi progetti hanno ricevuto svariati premi, come per il Municipio di San Bernardino in California, il Pacific Design Center di Los Angeles e l'Ambasciata degli Stati Uniti a Tokyo, Giappone. Nel 1977 diventa preside alla Yale School fondando contemporaneamente lo studio Cesar Pelli & Associates. Nel 2005, in riconoscimento del suo ruolo, l'azienda viene ribattezzata Pelli Clarke Pelli Architects. Ha ricevuto dodici lauree honoris causa, oltre 200 riconoscimenti per l'eccellenza del design ed è membro dell'American Institute of Architects, dell'Accademia Americana delle Arti e delle Lettere, della National Academy of Design, dell'Accademia Internazionale di Architettura e de L'Académie d'Architecture de France. Nel 1995, l'American Institute of Architects l'ha insignito della medaglia d'oro, in riconoscimento di una vita di successo e distinti in architettura, mentre nel 2004, Cesar Pelli è stato insignito del Premio Aga Khan per l'architettura per la progettazione delle Petronas Towers, Kuala Lumpur, Malesia.



Luigi Colombo



Manfredi Catella



Architetto Cesar Pelli

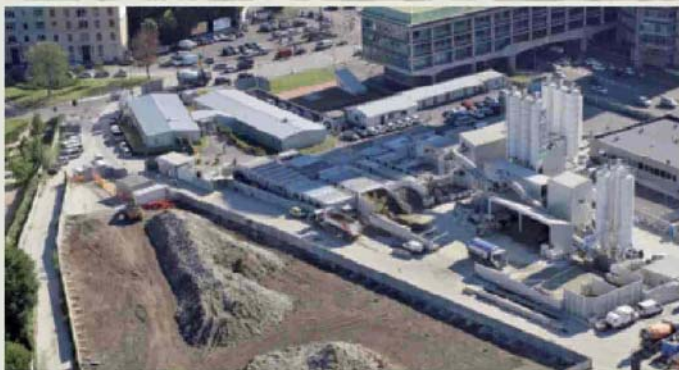
Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

IL SITO | TRA INFRASTRUTTURE E CENTRO CITTÀ



L'INTERA AREA è interessata dalla presenza di vari sotto-servizi, tra i quali la galleria del passante ferroviario, la galleria della linea ferroviaria Garibaldi-Greco, la galleria dell'esistente linea M2 della metropolitana milanese, le opere per la nuova linea metropolitana M5, tutte al di sotto dell'area interessata dal progetto.



L'IMPIANTO DI BETONAGGIO è posizionato a ridosso dell'area di cantiere ed ha permesso di ridurre gli impatti sulla viabilità della città praticamente a zero. L'impianto di Porta Nuova è stato progettato considerando le esigenze del cantiere. Realizzato in blocchi precablati e premontati con una capacità produttiva di 90 mc/h.



LE PROBLEMATICHE connesse al sito e ai lavori sono del tutto particolari: dalle tempistiche serrate, alla convivenza con infrastrutture pubbliche quali ferrovie e strade, sino all'approvvigionamento di materiale a ridosso del centro storico di Milano e le forniture da stoccare nell'area stessa in costruzione.

culturali ed espositivi e servizi. Sarà realizzato un sistema pedonale e ciclabile continuo di circa 160mila mq caratterizzato da aree verdi, piazze, ponti e un grande parco pubblico di circa 90mila mq, denominato «Giardini di Porta Nuova», che garantirà un collegamento facile e sicuro tra i diversi quartieri.

L'area sarà al centro di un sistema di infrastrutture che garantirà la connessione con il tessuto urbano, con 4 linee metropolitane, due stazioni ferroviarie e una fitta rete di trasporti pubblici di superficie. Inoltre saranno realizzati circa 4mila posti auto tra pubblici e privati. Le infrastrutture cruciali saranno interrate, per unire la funzionalità dei trasporti al rispetto della vocazione pedonale di Porta Nuova.

Capofila del progetto è Hines Italia (società del gruppo americano Hines, uno dei principali operatori immobiliari del mondo) affiancata da altri investitori, come per esempio Galotti.

IL PROGETTO DELLE TORRI E DEL PODIO

Da quasi 50 anni considerata il tassello mancante del «Centro direzionale» della città, l'idea che sottende l'intero progetto è di ricavare un quartiere interamente pedonale, attraverso la realizzazione di una piazza rialzata di 6 metri rispetto al piano della strada e dal diametro di oltre cento metri, sulla quale si affacceranno i tre nuovi grattacieli ecosostenibili (l'edificio A di 33 piani, il B di 23 piani e il C di 13 piani) costruiti in vetro e acciaio, tra cui il più alto raggiungerà 145 metri (oltre 200 metri l'altezza considerando anche il corpo antenna). Un grande albergo con 300 camere chiuderà la piazza sulla quale si affacceranno ristoranti, caffetterie, negozi, luoghi per la cultura e la musica. Le energie naturali sono state tutte utilizzate all'interno degli impianti per potenziarne al massimo il rendimento, sia per l'aspetto concernente il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti sia per la loro illuminazione.

Il podio non è solo solaio di copertura per gli spazi commerciali sottostanti ed elemento d'unione tra i tre grattacieli, ma vuole essere la nuova piazza aperta della città di Milano, che collegherà i tre quartieri della città rimasti sinora separati.

Con una superficie di oltre 30mila metri quadrati (dallo spessore medio di 70 cm con una percentuale di armatura di 210 kg/metro cubo), al suo interno sono stati disegnati degli occhi per portare aria e luce ai piani interrati. Una volta completato, il podio verrà completamente rivestito con lastre in pietra di Luserna fiammata.

IL TERRENO

I terreni dell'area appartengono al complesso alluvionale che costituisce il livello fondamentale della pianura padana, formatosi nel cor-

Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

so della fase fluvio-glaciale e fluviale seguita all'ultima glaciazione. Sono costituiti da depositi alluvionali freschi di natura ghiaioso-sabbiosa intercalati a varie profondità da livelli in cui prevale la frazione sabbio-limoso. A ricoprimento è risultato presente uno strato di riporto di deposizione antropica di rilevante spessore. L'insieme delle prove penetrometriche, continue e dinamiche spt, le litologie dei sondaggi e le prove di laboratorio hanno rilevato in tutta l'area la presenza di **tre livelli di terreno** con caratteristiche meccaniche e litologiche tra loro differenti.

Il **primo livello** è costituito dal ricoprimento superficiale di deposizione antropica su terreni in situ con granulometria e densità alquanto eterogenee. In generale la resistenza nspt associata a tali terreni è compresa tra 10 e 20.

Il **secondo livello** è costituito da terreni in situ a prevalente frazione sabbiosa nella parte alta e ghiaiosa in profondità. Lo stato di addensamento dei terreni di tale livello è discretamente elevato nella parte alta con associate resistenze nspt tipiche dell'ordine di 50 ÷ 70, in diminuzione con la profondità.

Il litotipo prevalente del **terzo livello** è la sabbia e il limo con ghiaia subordinata, la nspt tipica del livello è sensibilmente inferiore a quella dei terreni soprastanti, in generale presenta al tetto valori dell'ordine dei 25 ÷ 35 colpi/piede in aumento al termine dei sondaggi a 50 ÷ 60.

LA SISMICITÀ DELL'AREA

Secondo l'opcm n° 3274, la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore V_{30} , definito come media della velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m dal piano di fondazione. Dai risultati delle prove down-hole eseguite nei due sondaggi A e B la velocità media V_{30} risulta pari a 340.4 m/s per il primo sondaggio e pari a 343.3 m/s per il secondo sondaggio. Dall'analisi di questi dati, si è potuto stabilire che i terreni dell'area rientrano nella **categoria di suolo tipo C** (Depositati di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza). In aggiunta a questo, il territorio del Comune di Milano è inserito, normativamente parlando, **nella zona 4**.

LE FONDAZIONI

Il sistema fondazionale dell'intera area si è interfacciato in fase progettuale ed esecutiva con la presenza di vari **sotto-servizi**, tra i quali la galleria del passante ferroviario, la galleria della linea ferroviaria Garibaldi-Greco, la galleria dell'esistente linea M2 della metropolitana milanese, le opere per la nuova linea metropolitana M5, tutte al di sotto dell'area interessata dal progetto. Dopo le necessarie analisi progettuali si è deciso di adottare **soluzioni fondazione-**

IL PODIO | ANCHE PER LO STOCCAGGIO



L'IDEA che sottende l'intero progetto è di ricavare un quartiere interamente pedonale, attraverso la realizzazione di una piazza rialzata di 6 metri rispetto al piano della strada e dal diametro di oltre cento metri, sulla quale si affacceranno i tre nuovi grattacieli ecosostenibili costruiti in vetro e acciaio.



IL PODIO non è solo solaio di copertura per gli spazi commerciali sottostanti ed elemento d'unione tra i tre grattacieli, ma volta completato vuole essere la nuova piazza aperta della città di Milano, che collegherà i tre quartieri della città rimasti sinora separati.



CON UNA SUPERFICIE di oltre 30mila metri quadrati (dallo spessore medio di 70 cm con una percentuale di armatura di 210 kg/metro cubo), al suo interno sono stati disegnati degli occhi per portare aria e luce ai piani interrati. Una volta completato, il podio verrà completamente rivestito con lastre in pietra di Lusema fiammata.

Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

li differenti a seconda degli edifici e della presenza delle sopraddette interferenze. Nel caso specifico la **torre più alta** del progetto, ubicata in prossimità della galleria ferroviaria Garibaldi-Greco, poggia su un sistema di 72 pali profondi 45 metri, mentre **gli edifici in prossimità delle linee metropolitane** presentano una fondazione diretta a platea. Nel caso invece della **torre più bassa** sovrastante la galleria del passante ferroviario, a valle di un confronto tecnico con le Ferrovie dello Stato, si è deciso di sostituire la fondazione diretta originariamente prevista (in quanto risultava non ammissibile a causa di eccessivi stati di sforzo indotti sui rivestimenti delle gallerie), adottando una fondazione a platea impostata su pali trivellati rivestiti di hpde, disposti secondo una configurazione che minimizzasse l'impatto lungo le gallerie. I pali posti in corrispondenza dei ritri generici sono stati impostati con un diametro di 1 metro disposti con un interasse di 3 metri (tre diametri), la porzione di platea al disopra delle gallerie è impostata su pali trivellati ubicati nelle immediate vicinanze delle gallerie, distribuiti su tre allineamenti, e ai lati delle gallerie si è prevista una palificata con distanza minima tra perimetro palo e rivestimento galleria pari a 8 m. Le fondazioni sono state realizzate con getti di calcestruzzo C30/37 classe di esposizione

IL SISTEMA DI POMPAGGIO | IN ELEVAZIONE FINO A 160 M

Il sistema di pompaggio del calcestruzzo per il cantiere di Porta Nuova è stato fornito da **Dalecom**, impiegando tecnologia **Putzmeister**.

Per la realizzazione degli orizzontamenti e degli elementi verticali, soprattutto i core centrali, è stato allestito un sistema di pompaggio in elevazione costituito da due bracci di distribuzione da 32 mt Putzmeister collegati, attraverso tubazioni specifiche per il pompaggio del calcestruzzo ad alta pressione, alle pompe carrellate Putzmeister 2109 e 2110 in grado di raggiungere portate di 95/57 mc/h e 102/70 mc/h. **Le pressioni impiegate** per raggiungere le quote in elevazione sono state particolarmente elevate, per questa ragione sono state impiegate delle tubazioni specifiche con diametro interno da 125 mm e uno spessore di 7 mm.

Il sistema di unione dei vari segmenti è stato studiato per garantire la tenuta anche nelle condizioni di maggiore criticità, il tutto in grado di tollerare una

pressione massima di 180 bar. **La complessità del progetto e la necessità di garantire il flusso di calcestruzzo senza interruzioni ha reso necessario realizzare il sistema in modalità ridondante.** Per ogni torre di distribuzione del calcestruzzo sono state progettate e allestite due linee di pompaggio distinte che seguivano di volta in volta le varie rampate: una utilizzata in fase operativa e l'altra da impiegarsi in caso di intasamento o rottura della prima linea.

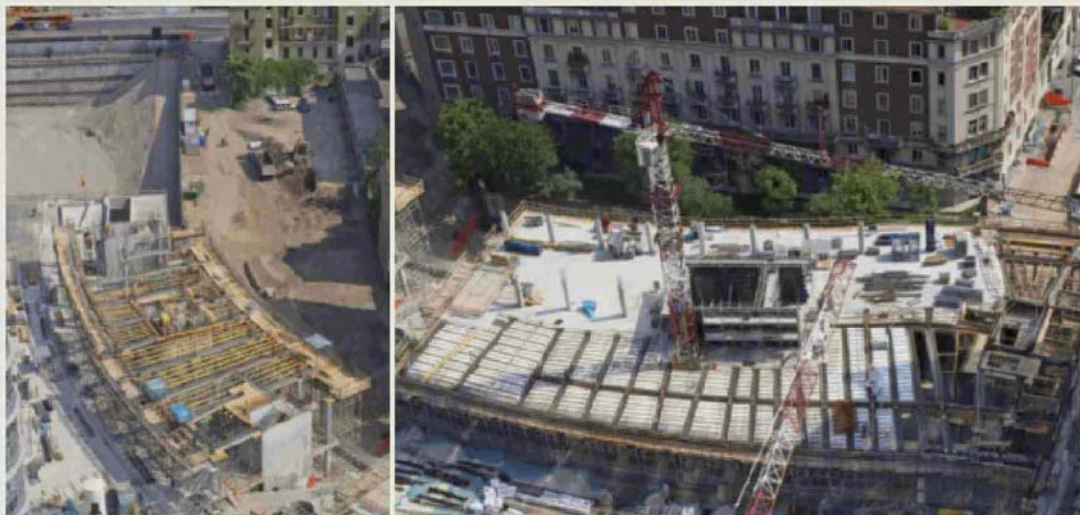
I fattori che concorrono a compromettere il flusso del calcestruzzo pompato in elevazione sono molteplici: vanno dalla temperatura ambientale, al grado d'umidità, alla composizione stessa del calcestruzzo, tempi di approvvigionamento della pompa, per affrontare tempestivamente a queste problematiche si è reso necessario impiegare personale specializzato con elevato know how di cantiere, capace di cogliere con immediatezza ogni variazione durante la fase

di pompaggio. La problematica principale emersa fin dalle prime fasi di pompaggio era legata **pericoloso di intasamento delle colonne di mandata.**

Per garantire l'afflusso costante di calcestruzzo in quota si è reso necessario posizionare delle **stazioni di rilancio** oltre i 150 metri di altezza, per riuscire a vincere la forza di gravità e soprattutto non andare a far lavorare oltre i limiti le pompe a terra e le tubazioni. Le fasi di avviamento dell'intero sistema durante le prime ore del mattino ha comportato che venissero impiegati sempre un paio di metri cubi di boiaccia, seguiti poi dal calcestruzzo, per verificare i parametri di macchina e testarne l'efficacia giorno per giorno.

Ulteriore precauzione fondamentale sulle linee di pompaggio è stata la fase di **pulizia** della tubazione alla fine del getto: sono stati effettuati un numero di passaggi superiori alla norma al fine di assicurare una perfetta e completa pulizia.

L'EDIFICIO C | CANTIERE «TRADIZIONALE»



NEL CASO DELLA TORRE PIÙ BASSA sovrastante la galleria del passante ferroviario, a valle di un confronto tecnico con le Ferrovie dello Stato, si è deciso di sostituire la fondazione diretta originariamente prevista (in quanto risultava non ammissibile a causa di eccessivi stati di sforzo indotti sui rivestimenti delle gallerie), adottando una fondazione a platea impostata su pali trivellati rivestiti di hpde, disposti secondo una configurazione che minimizzasse l'impatto lungo le gallerie.

Il Nuovo Cantiere

1 ottobre 2011

IL CALCESTRUZZO «SPECIALI» I MATERIALI E LE TECNOLOGIE DI PRODUZIONE

Per la realizzazione delle torri previste dal master plan dell'area Garibaldi di Porta Nuova, **Holcim** è stata incaricata della fornitura di calcestruzzo. In particolare ha studiato e fornito calcestruzzi speciali e si è occupata del coordinamento del servizio di pompaggio ad alta quota. Si è trattato nello specifico di definire **calcestruzzi Hsc** (high strength concrete) ad alta resistenza, quali C60/75 in grado di mantenere omogeneità e coerenza per garantire la lavorabilità e la pompabilità ad alta quota (fino a 160 mt di altezza); **calcestruzzi a basso calore d'idratazione** per contrastare l'alto rischio di fessurazioni collegato ai getti massivi delle platee di fondazione, in questo caso particolarmente alte.

Inoltre, viste le peculiarità del cantiere, Holcim ha provveduto alla presenza **costante di personale tecnico** per controllare la qualità dei prodotti forniti e di interagire quotidianamente con direzione lavori, progettisti e direzione di cantiere. Inoltre si è occupata della **gestione dei servizi logistici e di pompaggio ad alta quota** e del rispetto dei criteri di **sostenibilità e conformità al sistema Leed** alle cui valutazioni sono stati sottoposti tutti gli edifici di Porta Nuova.

Le particolarità legate alle **esigenze di posa** hanno richiesto notevoli investimenti di tempo e risorse nella gestione del pompaggio ad alta quota del calcestruzzo e dell'assistenza tecnologica in cantiere.

In particolare tutti i getti delle platee di fondazione hanno spessori notevoli con quantitativi di 1.000 / 1.500 mc per getto. Per ovviare ai problemi di **fessurazione** legati allo sviluppo delle alte temperature in caso di getti massivi, sono stati confezionati calcestruzzi **ad alta lavorabilità e basso calore d'idratazione** C 30/37, e C 32/40, utilizzando il Cem IV/A 32,5 Holcim (cemento pozzolanico) caratterizzato da un contenuto fattore clinker, aggregati provenienti dalle cave Holcim, con marcatura Ce con livello di attestazione 2+ e filler con elevate caratteristiche di pozzolanicità (proprietà che contrasta appunto lo sviluppo del calore d'idratazione e di conseguenza il rischio di fessurazioni e permette allo stesso tempo di aumentare l'eco-efficienza del calcestruzzo). È stato concordato con l'impresa e con la direzione lavori di verificare il calcestruzzo a 56 giorni invece che a 28, in modo da permettere alle resistenze di salire gradatamente. Sono stati studiati, testati

e forniti **calcestruzzi Hsc ad alta resistenza** C 60 / 75 e, C 70 / 85, realizzati da Holcim per avere anche particolari caratteristiche di fluidità in modo da mantenere pompabilità e lavorabilità sufficientemente elevate da sostenere il pompaggio a fino a 160 metri senza rischi di segregazione. Anche in questo caso l'utilizzo di aggiunte minerali pozzolaniche ha consentito di ottenere benefici ambientali legati al minore consumo di clinker e di conseguenza riducendo le emissioni di CO₂. Gli aspetti che hanno impegnato maggiormente l'Assistenza tecnologica Holcim, con il contributo di Tecnochem ed Enco, sono da ricercare nella necessità di progettare un **mix design tecnologicamente avanzato** e conseguentemente confezionare un calcestruzzo speciale ad altissima resistenza in grado di essere pompato fino a 160 metri di altezza, in grado di mantenere omogeneità e coerenza al fine di evitare problematiche di segregazione e perdita di lavorabilità. È stato necessario **qualificare alcuni impianti di betonaggio** per la produzione del calcestruzzo, **studiare le miscele**, redigere la **relazione di prequalifica ed eseguire prove di laboratorio e industriali con un anno di anticipo sui primi getti**.

L'IMPIANTO DI BETONAGGIO

I materiali Holcim hanno aggiunto **punteggio all'interno dei crediti necessari Leed** per il «contenuto riciclato dei materiali», grazie alla limitazione dell'uso di risorse naturali e in relazione alla «provenienza regionale dei materiali estratti, lavorati e prodotti», in quanto si è sostenuto l'uso di prodotti locali, riducendo gli impatti ambientali derivanti dal trasporto. La fornitura dei calcestruzzi è stata gestita con impianti tecnicamente e ambientalmente all'avanguardia. L'impianto di betonaggio di Porta Nuova, posizionato direttamente a ridosso dell'area di cantiere, ha permesso di ridurre gli impatti sulla viabilità della città praticamente a zero. L'impianto (assieme a quello di Segrate) ha inoltre ottenuto la **convalida da parte di Icmq** (in conformità alla norma internazionale Uni En Iso 140121:2002) delle Asserzioni ambientali auto-dichiarate, relative al contenuto del materiale riciclato, e quindi delle **caratteristiche sostenibili** dei materiali da costruzione in essi prodotti. Le Asserzioni ambientali autodichiarate costituiscono oggi un

esempio di etichetta o dichiarazione ambientale che indica specifici aspetti ambientali di un prodotto; in questo caso indicano il contenuto di materiale riciclato presente nelle componenti del prodotto calcestruzzo. L'impianto di Porta Nuova è stato progettato considerando le esigenze del cantiere. Realizzato in blocchi precablati e premontati con una capacità produttiva di 90 mc/h, comprende un gruppo di ricevimento degli aggregati composto da quattro tramogge e gestito da un sistema automatico per l'alimentazione costante dell'impianto di produzione, ed è composto da un gruppo di stoccaggio aggregati di sei tramogge con una capacità a colmo di circa 240 mc. Una serie di nastri trasportatori conduce il materiale nel gruppo di mescolazione con doppio asse orizzontale da 3,35 mc. L'impianto è dotato anche di sei sili metallici di stoccaggio cemento monolitici, ciascuno di 85 mc per una capacità totale di 600 ton, gli additivi sono stoccati in 4 le cisterne verticali da 5mila l ciascuna, complete di vasche di raccolta antisversamento.

I GETTI CASSEFORME E PROTEZIONI

Per realizzare in opera le strutture di calcestruzzo sono state impiegate in particolare tre tipologie di sistemi, tutte di tecnologia **Peri**: il **sistema di ripresa autosollevante con piattaforma di servizio Acs** (fornito in due varianti), il **sistema di ripresa Rcs** e il sistema di cassaforme per solai **Skydeck**.

Il **sistema Acs** nelle due varianti è stato utilizzato per le canne degli ascensori e complessivamente sono state installate 19 centraline per un totale di 101 meccanismi in grado di controllare la rampata da 4,10 metri di altezza.

Tutto il procedimento è iniziato a terra con un preassemblaggio degli elementi. Alcuni moduli sono stati studiati e realizzati in sottomoduli dal peso contenuto, in grado di essere movimentati dalle gru di cantiere.

Abbinati al sistema Acs anche i bracci di distribuzione del calcestruzzo, sollevati in contemporanea alle rampe del sistema.

La **variante del sistema Acs, denominata P**, ha consentito di rispondere velocemente alla domanda di prefabbricazione delle rampe delle scale posizionate all'interno delle canne degli edifici. Grazie all'utilizzo di un sistema integrato di carrelli e di botole apribili, è stato possibile procedere alla rampata e contemporaneamente calare dall'alto le rampe prefabbricate del vano scala.

Il **paramento di protezione del sistema di ripresa Rcs** è stato usato per racchiudere completamente il perimetro dei fabbricati, permettendo alle maestranze di lavorare in sicurezza e al riparo da qualsiasi evento meteorologico, soprattutto dal vento costante oltre i 50 metri dal suolo, chiudendo perimetralmente due interpiani di lavorazione. Avvolgendo completamente la sagoma dei solai, è stata realizzata una barriera di 250 m interrotta solamente dalle piattaforme di carico, anch'esse integrate nell'involucro.

Da ultimo, il sistema **Skydeck**, ha consentito di operare in velocità su una superficie di oltre 2.500 mq di solai, realizzati con sistema d'appoggio con capitello, con un ritmo di un piano ogni 8 giorni.

Lungo la via del Nord, fronte verso la stazione Garibaldi con traffico veicolare costante, non è stato possibile installare un sistema tradizionale di protezione e per questo è stata posizionata una struttura provvisoria multidirezionale al cui interno sono state agganciate due reti, una anticaduta uomo (10x10) e una anticaduta oggetto (2x2), con uno sbalzo di ben 6 metri. Tutto il bordo sottostante i due interpiani del sistema Rcs è stato dotato di reti anticaduta, con l'implementazione (richiesta da Colombo Costruzioni) delle ribaltine metalliche a bordo solai su tutte e due gli interpiani.

I parapetti di protezione delle passerelle sono stati innalzati sino alla quota di 160 cm e gli affacci delle scalette di risalita ai vari livelli per il rampaggio delle casseforme, prospicienti il fronte strada, sono stati resi ciechi.