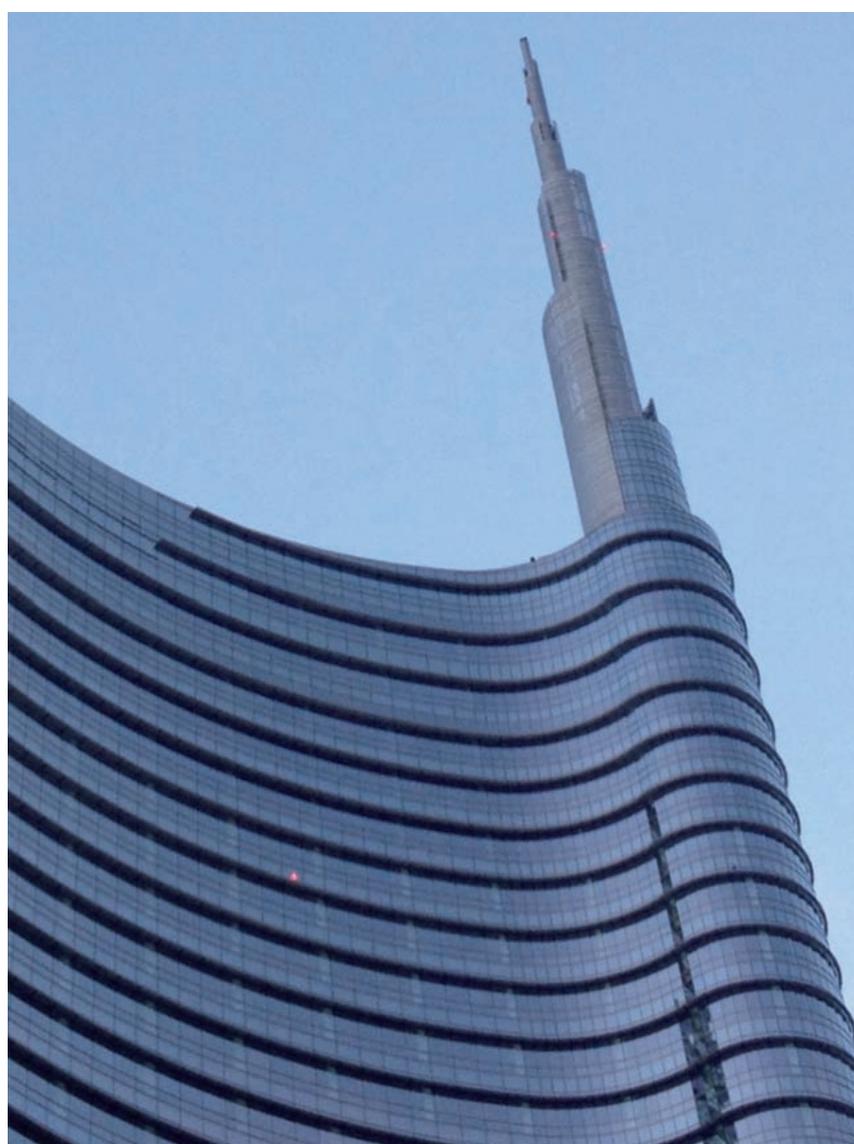


PORTA NUOVA BUSINESS DISTRICT

facciate a cellula e ventilate opache. Le soluzioni progettuali e applicative, il dettaglio costruttivo sotteso all'architettura

FRANCESCO GIOVINE

Porta Nuova Business District conta 140.000 m² di uffici distribuiti in tre edifici: la Torre A detta Unicredit, conta 32 piani ed è alta 231 metri, attestandosi così come il più elevato edificio italiano (l'edificio conta circa 146 metri, più gli 85 della guglia); la Torre B, conta 22 piani in circa 111 metri di altezza; la Torre C, conta 12 piani e misura circa 56 metri di altezza. Lo "spire" o guglia sopra la Torre A, posata a settembre 2011, è alta 85 metri ed è interamente rivestita di led che possono assumere diversi colori a seconda della ricorrenza (una delle combinazioni è il tricolore italiano). Intelligente dal punto di vista funzionale, inoltre, la sistemazione sotterranea dei parcheggi realizzati con il sistema del project financing per una superficie di oltre 40mila metri quadrati che permetterà di raggiungere il nuovo polo terziario sia in auto, che con il sistema potenziato dei nuovi mezzi pubblici previsti nell'area. L'area commerciale del complesso sarà di 6 370 m², con negozi su due livelli, e quella terziaria di circa 50 500 m². Essa prevede una copertura vetrata a protezione degli spazi pedonali a ridosso delle torri, realizzato con moduli fotovoltaici vetrati a fissaggio puntuali, collegati ad una sottostante struttura di sostegno in carpenteria di acciaio parzialmente rivestita in elementi in legno lamellare. Tutti gli edifici del comparto direzionale hanno ottenuto la prestigiosa pre-certificazione internazionale di sostenibilità LEED Gold, Leadership in Energy and Environmental Design. Gli edifici certificati LEED Gold sono considerevolmente più efficienti rispetto alla media degli edifici esistenti e consentono quindi un significativo risparmio sui costi di gestione, soprattutto dal punto di vista energetico, integrando tecnologie per lo sfruttamento dell'energia rinnovabili e tecniche consolidate nello sfruttamento termico delle falde acquifere sotterranee e corsi d'acqua superficiali.



La Torre A del complesso Porta Nuova Garibaldi è alta 146 m che, addizionati alla sovrastante guglia, rendono l'edificio alto 231m (fonte Ing. Paolo Rigone).

MODULO PAROLE CHIAVE

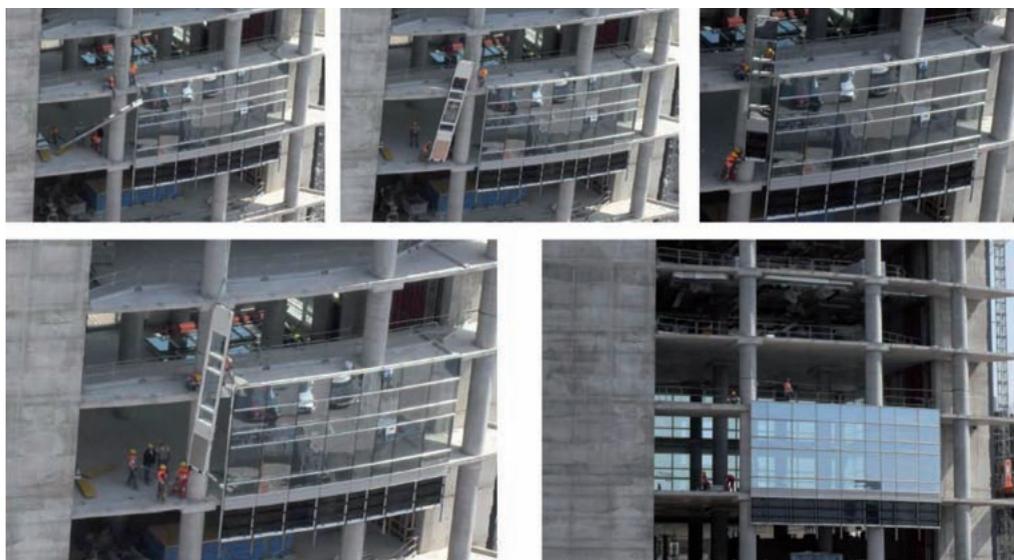
PORTA NUOVA BUSINESS DISTRICT · CESAR PELLI · FACCIATE A CELLULA · SSGS · FACCIATA VENTILATA

La tradizionale *curtain wall* nella versione a cellule più adatta per edifici verticali: vetro sigillato sul telaio e giunti di collegamento per equalizzare il rapporto esterno/interno

Questo intervento si ricollega all'importante riqualificazione dell'area compresa tra Porta Garibaldi, Porta Nuova e Repubblica: definita come una delle aree metropolitane più grandi e potenzialmente importanti d'Europa. Gli edifici a torre, rispettivamente di altezze decrescenti (139,5 m, 111,7 m e 55,8 m) si caratterizzano per un involucro vetrato di sicuro effetto architettonico, che sa valorizzare la geometria del costruito e al tempo stesso integrarsi con l'ambiente circostante, variando sensibilmente colorazione in funzione dell'intensità della luce.

La facciata a cellula

Nel caso di Porta Nuova Garibaldi la scelta della tipologia di facciata è ricaduta sul sistema a cellule (Unitized System) che è costituito da elementi di telaio a montanti e traversi in alluminio, dotata di una partizione vetrata apribile o fissa e dallo spandrel; tutti i pezzi, comprese le vetrazioni, vengono assemblati interamente in officina e poi montati in opera per mezzo di accoppiamenti meccanici del tipo maschio-femmina, un classico in tema di involucro per gli edifici a sviluppo verticale. I vantaggi di questo sistema, consistono principalmente nel fatto che esso permette di ottimizzare i tempi di messa in opera poiché la posa della facciata parte dalla base dell'edificio e prosegue di pari passo con l'elevazione delle strutture verticali ed orizzontali dell'edificio o comunque può immediatamente avere inizio al termine dei lavori. I moduli di facciata sono infatti strutturalmente indipendenti e sono collegati tra loro con giunti telescopici tali da consentire, dopo l'installazione, movimenti di aggiustaggio nel piano della facciata decisamente superiori rispetto a quelli di un *curtain wall* tradizionale. Non è necessario l'uso di impalcature e, una volta giunte a destinazione, le cellule di facciata vengono scaricate e distribuite ai vari piani. La prima operazione che viene eseguita è il posizionamento delle staffe di ancoraggio (normalmente eseguito prima dell'arrivo dei moduli in cantiere) per un'altezza corrispondente a 3-4 piani e successivamente viene iniziata l'operazione di posa delle cellule che può avvenire con la gru di cantiere, od anche per mezzo di un argano situato 3-4 piani sopra quello di posa e posizionato su rotaie parallele al bordo dei solai fissate agli stessi ferri di ancoraggio che serviranno per le successive staffe. Una volta terminata la posa nei tre piani sottostanti la rotaia viene rimossa e riposizionata ai piani più in alto e così via.



Sequenza di montaggio delle cellule della torre A. Ciascun modulo è portato al piano e calato in posizione dagli operatori. Una volta posata la cellula si effettuano le operazioni di regolazione (messa in quota) e di sigillatura all'acqua del giunto (fonte Permasteelisa).

Il progetto Porta Nuova

Il Progetto Porta Nuova è un progetto di riqualificazione urbana ed architettonica di ampie zone dei quartieri Isola, Varesine e Garibaldi di Milano. L'edificazione del complesso è iniziata nel 2009, il completamento è previsto per il 2014. Il progetto, che si colloca all'interno Centro Direzionale di Milano, è firmato da celebri architetti quali Cesar Pelli, Stefano Boeri e Nicholas Grimshaw. La nuova area si estende da Porta Garibaldi FS a piazza della Repubblica, da Porta Nuova al Palazzo Lombardia, passando per via Melchiorre Gioia.

Il progetto, approvato nel 2004, è curato dall'imprenditore immobiliare americano Hines e della sede italiana Hines Italia e si estende su una superficie complessiva di 340 000 m², suddivisa sostanzialmente in tre parti distinte nella loro

esecuzione (che riprendono i nomi dei quartieri originari):

- Porta Nuova Garibaldi
- Porta Nuova Varesine
- Porta Nuova Isola

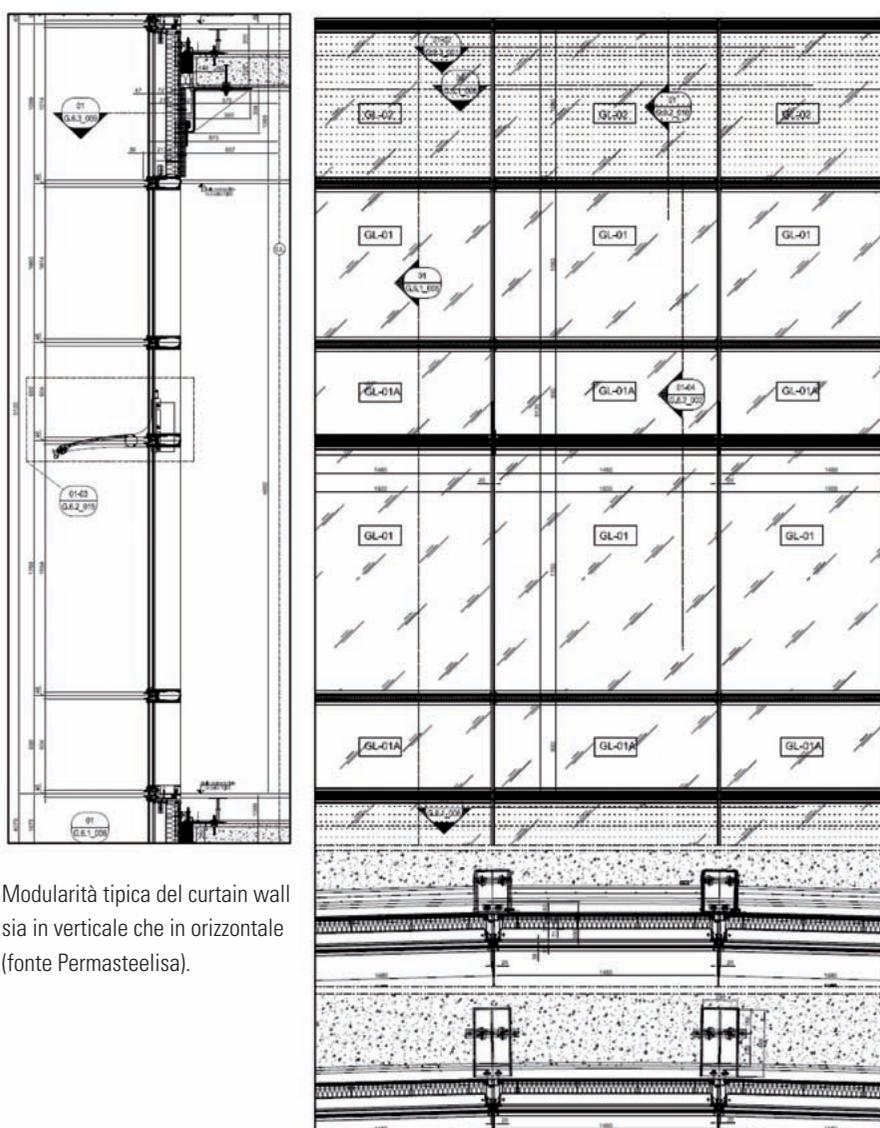
Un'operazione da oltre due miliardi di euro, con duemila operai al lavoro.

Gli edifici si caratterizzano per una notevole altezza e un forte impatto architettonico. Si accompagneranno ad ampie aree verdi residenziali, passeggiate e percorsi ciclabili. L'obiettivo principale del progetto è la ricomposizione del tessuto urbano e lo sviluppo dei quartieri esistenti, comprensivo di un vasto sistema pedonale continuo, formato da piazze, aree verdi residenziali, ponti ciclopedonali e i Giardini di Porta Nuova, estesi per circa 100 000 m². Il Progetto conta 57 000 m² di uffici, 11 000 m² di spazi commerciali, 160 000 m² di spazi pedonali,

20 000 m² di spazi culturali, 370 appartamenti di lusso e circa 4000 posti auto.



Rendering del complesso Porta Nuova, costituito dai tre diversi quartieri: Porta Nuova Garibaldi, Varesine ed Isola, collegati dalle aree pedonali.



Modularità tipica del curtain wall sia in verticale che in orizzontale (fonte Permasteelisa).

Altri punti a favore del sistema ad unità adottato sono gli ottimi livelli di tenuta all'acqua e all'aria grazie ad un montaggio dei componenti e ad un controllo dello stesso in officina. I moduli di facciata sono strutturalmente indipendenti e sono collegati tra loro con giunti telescopici tali da consentire, dopo l'installazione, movimenti di aggiustaggio nel piano della facciata decisamente superiori rispetto a quelli di un curtain wall tradizionale dove la tenuta all'acqua è di tipo "passivo", cioè basata sulla "sigillatura" di tutti i punti di possibile infiltrazione. Nella facciata prefabbricata invece possono essere utilizzati i giunti di collegamento dei moduli come intercapedini d'aria dove realizzare l'equalizzazione di pressione tra esterno ed interno. Tale sistema costruttivo premia dunque la velocità di posa dal basso verso l'alto o in senso orizzontale per piano, garantendo la chiusura esterna dell'edificio mentre le opere strutturali sono ancora in corso di ultimazione od appena ultimate, permettendo di poter velocemente passare al completamento delle opere interne all'edificio. Nel caso degli edifici di Porta Nuova Garibaldi il modulo tipico è composto da un telaio in alluminio verniciato di dimensioni 1480x5120 mm e di profondità 180 mm. Ciascuna cellula è appesa a una staffa fissata al solaio tramite profili inseriti nel getto (halfen), che consentono la regolazione della staffa in senso longitudinale al solaio. La staffa stessa consente la regolazione della cellula rispetto al piano di facciata, mentre il dispositivo di aggancio della cellula alla staffa consente la regolazione

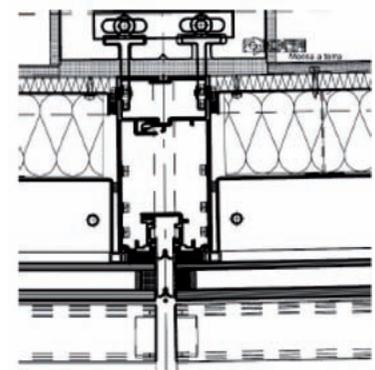
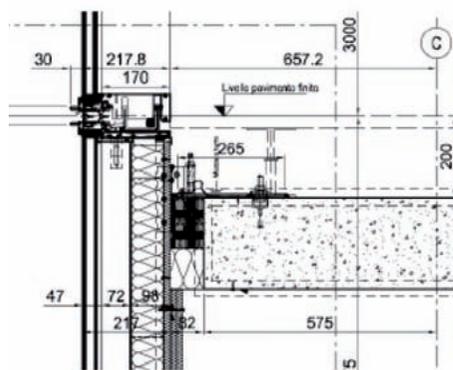
Requisiti prestazionali della facciata continua della torre A ed esito delle prove (fonte Permasteelisa)

Nr	Prova	Rif. Specifica	Rif. Norme	Data	Specifica Esito
1	Pre-carico facciata - 50% pressione positiva	1.5.2.5.1		16-11-2009	Esito positivo
2	Permeabilità all'aria - pressione positiva Permeabilità all'aria - pressione negativo	1.5.2.5.2	UNI EN 121 52 UNI EN 121 53	16-11-2009	Classe A4 Classe A4
3	Tenuta all'acqua sotto pressione statica	1.5.2.5.3	UNI EN 121 54 UNI EN 121 55	16-11-2009	RE ₁₀₀₀
4	Vento e pioggia condizione dinamica	1.5.2.5.4	UNI ENV 13050 UNI EN 121 55	16-11-2009	Esito positivo 156Pa/469Pa
5	Torsione (Racking Test)	1.5.2.5.5	CWCT § 8.13.3 CWCT § 17	16-11-2009	Esito positivo
6	Resistenza al carico del vento angolo deformazione	1.5.2.5.6	UNI EN 121 79 UNI EN 131 16	16-11-2009	Esito positivo
7	Permeabilità all'aria - pressione positiva Permeabilità all'aria - pressione negativo	1.5.2.5.7 1.5.2.5.7	UNI EN 121 52 UNI EN 121 53	16-11-2009	Classe A4 Classe A4
9	Vento e pioggia condizione dinamica	1.5.2.5.7	UNI ENV 13050 UNI EN 121 55	16-11-2009	Esito positivo 156Pa/469Pa
10	Resistenza al carico del vento. Facciata continua Deformazioni	1.5.2.5.6	UNI EN 121 79 UNI EN 131 16	16-11-2009	Esito positivo
11	Permeabilità all'aria - pressione positiva Permeabilità all'aria - pressione negativo	1.5.2.5.7	UNI EN 121 52 UNI EN 121 53	16-11-2009	Classe A4 Classe A4
12	Tenuta all'acqua sotto pressione statica	1.5.2.5.7	UNI EN 121 54 UNI EN 121 55	16-11-2009	RE ₁₀₀₀
13	Vento e pioggia condizione dinamica	1.5.2.5.7	UNI ENV 13050 UNI EN 121 55	16-11-2009	Esito positivo 156Pa/469Pa
14	Resistenza termica	1.5.2.5.8.1 1.5.2.5.8.2	CWCT § 8.13.4 CWCT § 18	17-18--19-20-21-22-09	Esito positivo
15	Permeabilità all'aria - pressione positiva Permeabilità all'aria - pressione negativo	1.5.2.5.9	UNI EN 121 52 UNI EN 121 53	23-11-09	Classe A4 Classe A4
16	Tenuta all'acqua - Hose test	1.5.2.5.9	CWCT § 8.9.1 CWCT § 9	23-11-09	Esito positivo
17	Resistenza al carico del vento - Carico incrementato	1.5.2.5.10	UNI EN 121 79 UNI EN 131 16	23-11-09	Esito positivo
18	Sistema di manutenzione facciata - Estrazione degli organi di vincolo - Modanature - Frangisole	1.5.2.6.1.1 1.5.2.6.1.2 1.5.2.6.1.3 1.5.2.6.2		23-11-09	Esito positivo
19	Resistenza agli urti	1.4.2.4.1 1.4.2.4.2	UNI EN 14019 UNI EN 13049	23-11-09	Classe E1
20	Pannello Sprandel - Test di resistenza termica	1.5.2.7.2 1.5.2.7.3	CWCT § 8.13.4 CWCT § 18	17-18-19-11-09	Esito positivo

in altezza (messa in quota) del modulo. Le cellule vengono appese al solaio al fine di consentire la libera dilatazione verticale degli elementi. Diversamente, se i moduli fossero appoggiati al solaio, i carichi di punta generati dalle dilatazioni termiche e dagli abbassamenti della soletta porterebbero all'instaurarsi di condizioni di instabilità. Anche il giunto orizzontale tra cellule contigue consente le libere dilatazioni termiche oltrechè garantire un miglior comportamento in caso di sisma, in quanto le forze orizzontali agiscono così sul singolo modulo, rendendo gli elementi indipendenti tra loro e liberi di seguire gli spostamenti relativi dei solai. Da notare come il giunto tra cellule pure essendo aperto prevede una doppia barriera costituita da una guarnizione esterna, da una interna e dalla slitta di collegamento tra cellule adiacenti che garantiscono una elevatissima tenuta all'acqua e all'aria, così come dimostrato dai test condotti in opera.

In sezione verticale il giunto di collegamento tra le cellule, in orizzontale il collegamento tra semi-montanti di due cellule adiacenti (fonte Permasteelisa).

Particolari costruttivi di una cellula completa anche del frangisole (fonte Permasteelisa).

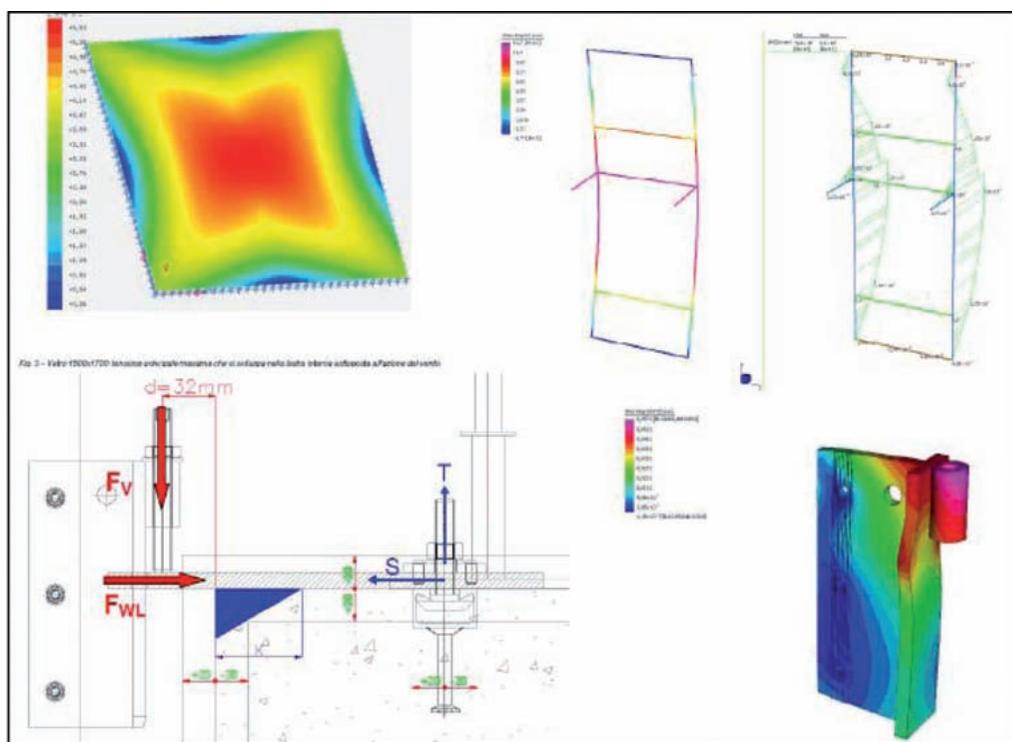
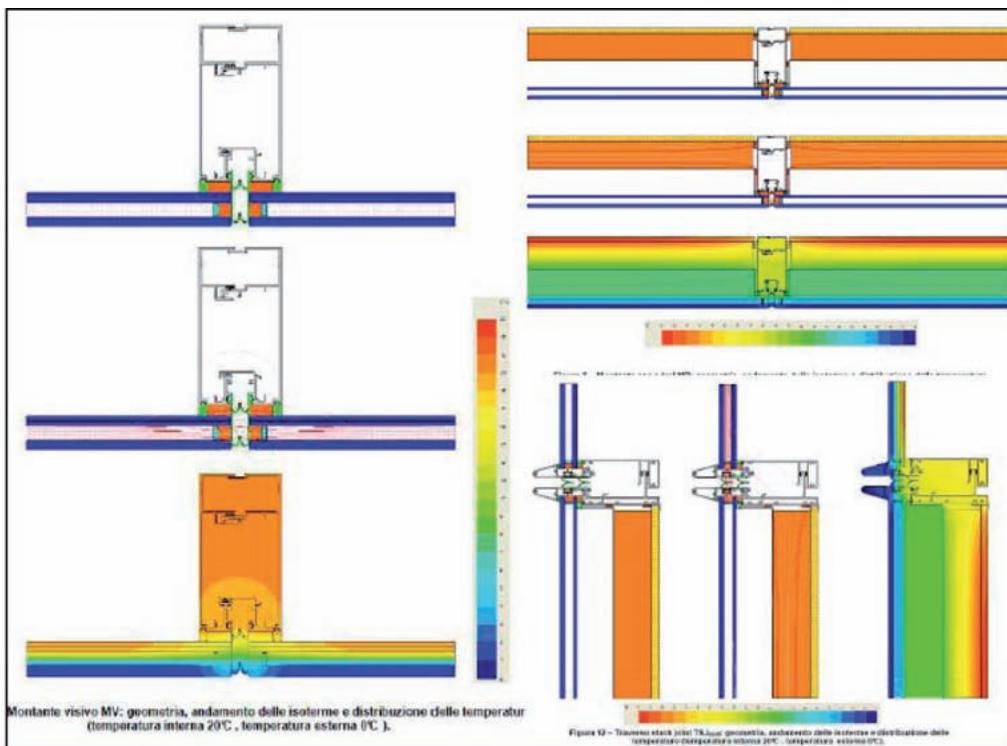


Il sistema SSGS

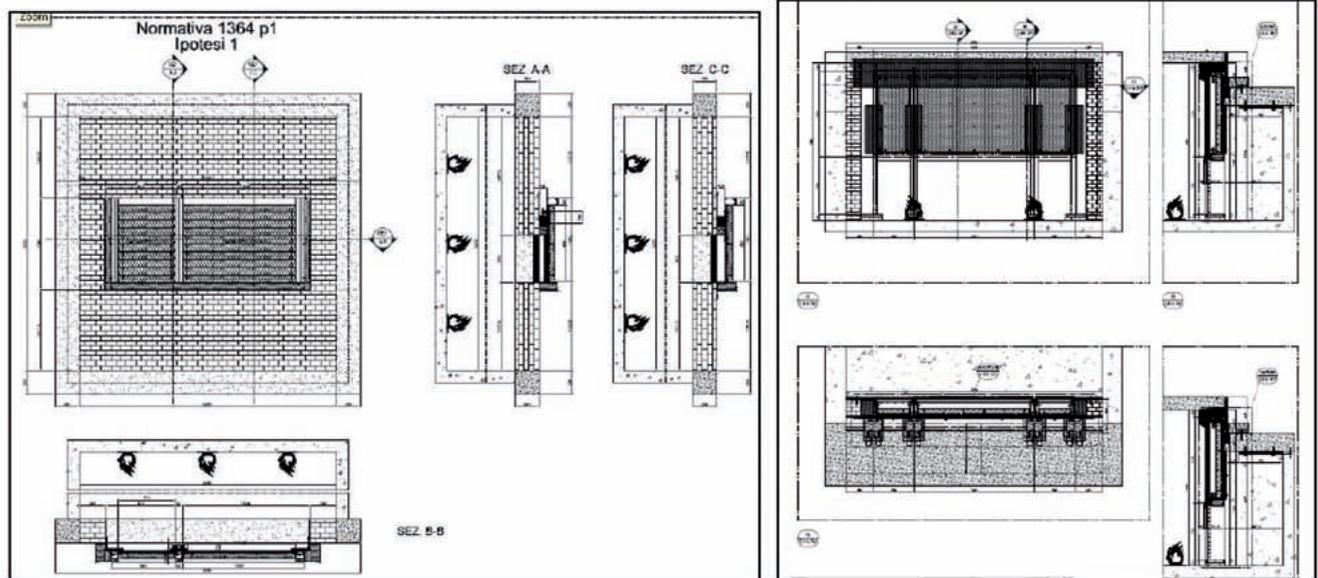
Questo tipo di facciata è denominato SSGS (Structural Sealant Glazing System) in quanto il vetrocamera è sigillato direttamente sul telaio della cellula per mezzo di un silicone strutturale. Questo consente di eliminare il profilo fermavetro esterno che nei sistemi tradizionali incornicia il vetrocamera. Oltre al beneficio estetico si ottiene anche un beneficio termico in quanto si riduce in facciata l'area di telaio, che è quella più sfavorita termicamente, e si aumenta l'area vetrata, caratterizzata da migliori prestazioni termiche. I principali vantaggi della facciata strutturale rispetto ad una tradizionale, a parità di valori prestazionali, possono essere schematicamente riassunti in una maggior libertà di progettazione in termini di forma e di risultato estetico globale. Essendo il silicone strutturale visibile (per cui se applicato su un vetro chiaro

Modellazione FEM per la verifica degli stati tensionali e deformativi negli elementi costruttivi delle cellule (vetrazione, telaio in alluminio, particolare della staffa di aggancio della cellula al solaio) (fonte Permasteelisa).

Modellazione agli elementi finiti per la determinazione della trasmittanza termica dei principali nodi del modulo tipico di facciata (fonte Permasteelisa).



LE TRE TORRI DEL **PORTA NUOVA GARIBALDI BUSINESS DISTRICT** SONO STATE PROGETTATE DA **CESAR PELLI**. LA COSTRUZIONE È STATA AFFIDATA ALL'IMPRESA **COLOMBO COSTRUZIONI DI LECCO**. L'INVOLUCRO VETRATO È STATO REALIZZATO DA **PERMASTEELISA**.



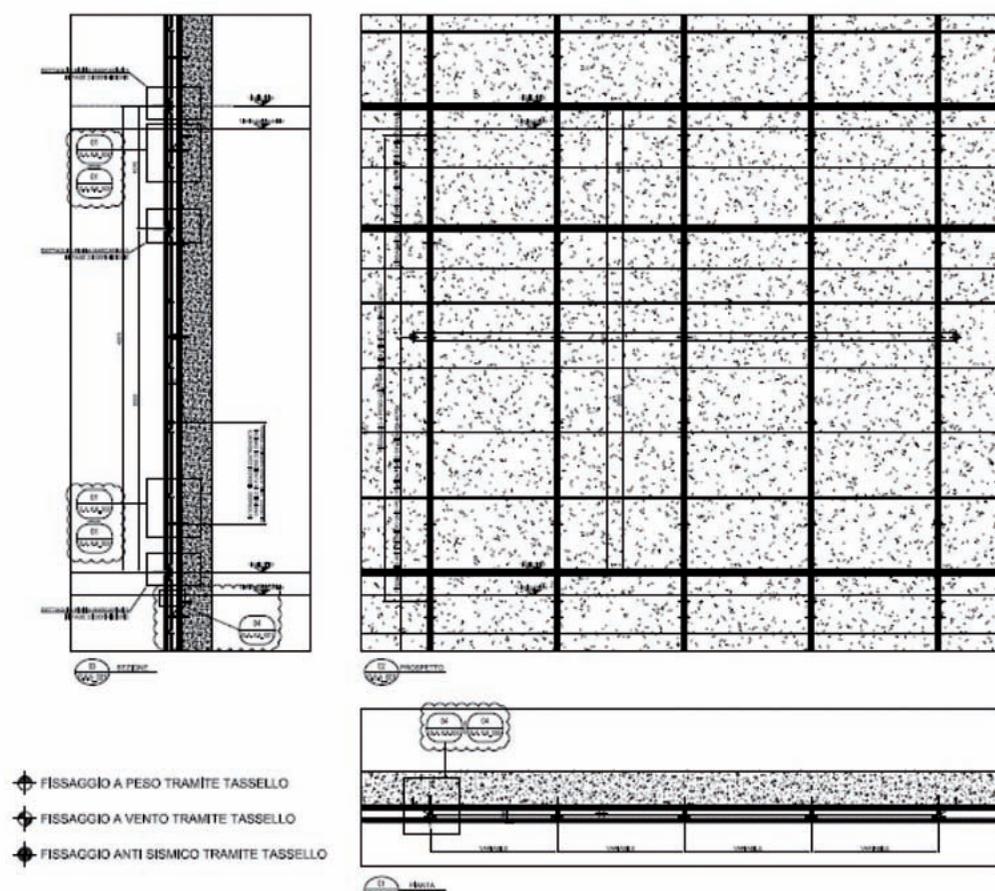
trasparente resta visibile come una cornice di alcuni millimetri di larghezza) si è ricorso alla serigrafia delle lastre vetrate lungo i bordi al fine di nascondere il cordone siliconico. Il processo serigrafico è di tipo a smalto, il quale viene steso su un telaio apposito e fatto depositare, attraverso un filtro a maglie finissime sulla lastra di vetro, riproducendo il disegno voluto. Infine la cottura in forno, normalmente associata al processo di tempra, permette di vetrificare lo smalto. Nonostante i profili della cellula non siano a taglio termico, ossia l'estruso è continuo e non interrotto da barre di materiale isolante rigido, il vetro posizionato davanti al telaio fa sì che l'alluminio non si trovi direttamente esposto all'esterno, ma protetto dal vetrocamera, il quale è anche dotato di un distanziatore cosiddetto "a bordo caldo". Anche in questo caso la modellazione agli elementi finiti dimostra che la prestazione della facciata è molto buona. La facciata rispetta i requisiti previsti da capitolato di trasmittanza termica pari a $U_{cw} = 1,4 \text{ Wm}^2\text{K}$ e isolamento acustico pari a $D_{2m,nt,w} = 42 \text{ dB}$ oltre alle richieste in merito a tenuta all'acqua, permeabilità all'aria, resistenza al vento e resistenza all'urto che sono state accertate inizialmente tramite la conduzione di un performance mock up in stabilimento, al fine di accertare la rispondenza del progetto alle richieste di capitolato e in seguito tramite una lunga sequenza di prove in opera che hanno confermato la rispondenza del costruito al progetto validato. Per determinare l'azione del vento gravante su ciascuna zona di facciata delle torri è stato eseguito un test in galleria del vento il quale ha messo in evidenza come alcune parti di facciata siano sottoposte a un'elevata sollecitazione sino a 2 kPa. Il progetto, nonostante sia antecedente alla Circolare dei VVF del marzo 2010, rispetta le indicazioni relative alla resistenza al fuoco delle facciate. A tale scopo è stata progettata e una barriera al fuoco di interpiano con resistenza EI 120, equiparabile alla prestazione richiesta al solaio. Per la valutazione è stato effettuato un test di resistenza al fuoco in laboratorio secondo la UNI EN 1634-4 che ha dimostrato l'efficacia della progettazione costruttiva, garantendo il raggiungimento dei requisiti posti alla base del progetto architettonico. La barriera al fuoco orizzontale è completata dallo spandrel verticale (fascia marcapiano) che garantisce una fascia resistente al fuoco di un metro di altezza con prestazioni di tenuta al fuoco ed isolamento termico EI 120 minuti con curva d'incendio dall'esterno. In particolare la prestazione è stata raggiunta grazie all'integrazione, sul lato interno dello spandrel, di una doppia protezione in lastre di calcio silicato collegate ad una lamiera di acciaio zincato.

Dettagli relativi all'assetto sperimentale per l'esecuzione dei test di resistenza al fuoco della porzione marcapiano del curtain wall (spandrel) (fonte Permasteelisa).

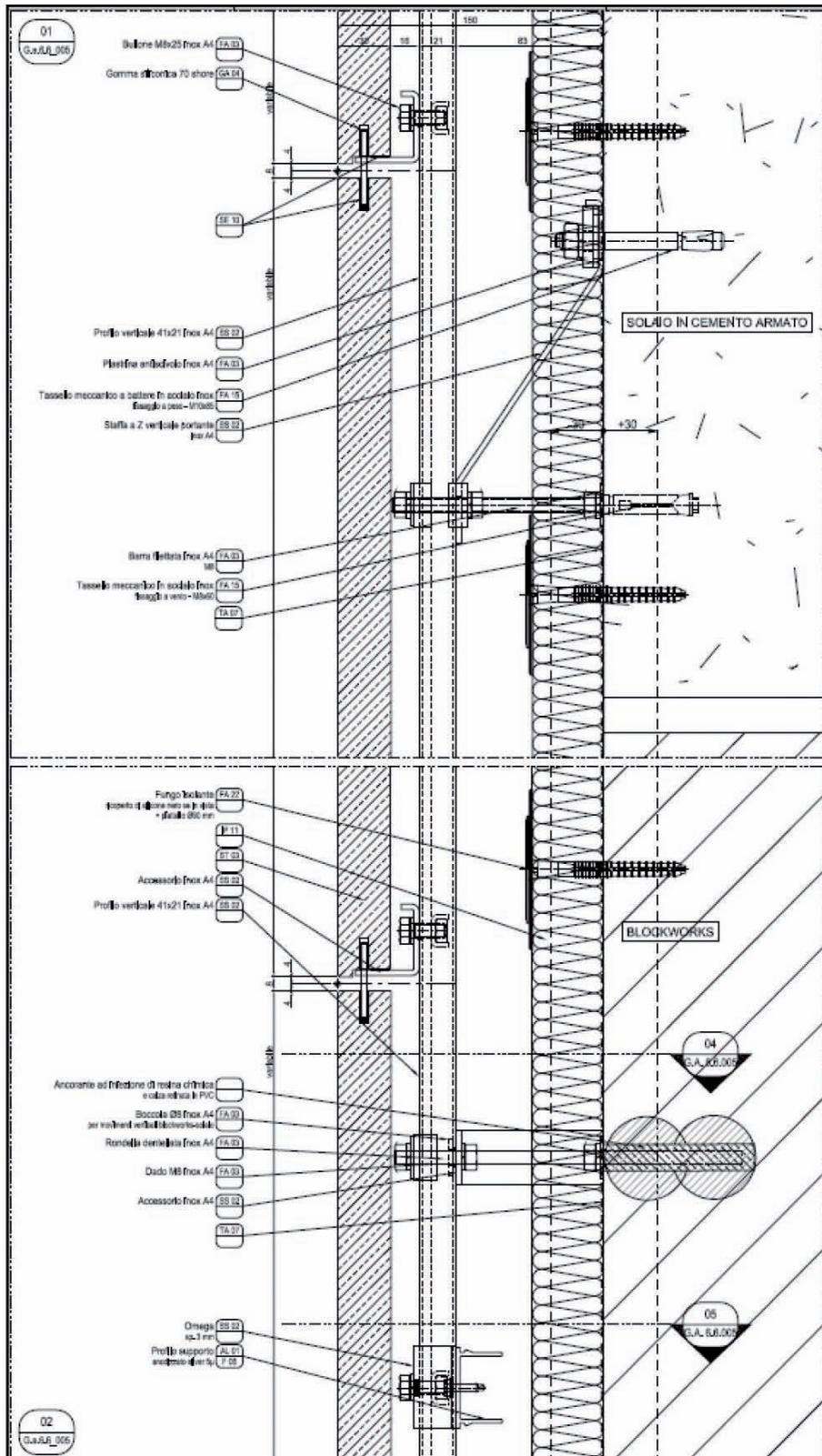
Granito per le zone cieche in corrispondenza dei vani sala: un *mock up* ha consentito di definire e garantire le prestazioni di ventilazione naturale e tenuta all'acqua

Si tratta di una facciata ventilata opaca che riveste le teste dell'edificio, in corrispondenza della zona cieca dei vani scala costituenti il core centrale della torre. Tale soluzione soddisfa una serie di requisiti e prestazioni fondamentali che caratterizzano le pareti d'ambito ai fini del miglior benessere abitativo ed è poi caratterizzata da un sistema costruttivo cosiddetto "a secco" ossia meccanico e di assoluta affidabilità. Alla parete in calcestruzzo isolato a capotto è ancorata una sottostruttura in acciaio composta da staffe ad omega fissate alle travi di bordo in cemento armato sulle quali vengono ancorati i montanti posizionati ad interasse prestabilito e sui quali viene alloggiato il rivestimento in lastre di granito "San Fernando", posate a giunto aperto. Il sistema di ancoraggio consente una regolazione per l'allineamento di massimo $\pm 20\text{mm}$. Le lastre di spessore variabile da 30 a 40 mm sono opportunamente dotate sulla parte posteriore di una rete in fibra di vetro (lastre montate all'interno dei moduli a facciata continua) con lo scopo di trattenere eventuali frammenti in caso di rottura della lastra, garantendo la sicurezza contro la caduta di frammenti conseguente ad un impatto o a shock termico. Ciascuna lastra è fissata ai montanti tramite accessori definiti "manine" che si alloggianno in apposite fresature della parte inferiore delle lastre (kerf). In questo modo è anche possibile la sostituzione del singolo elemento danneggiato, senza compromettere le lastre adiacenti. La sua principale caratteristica è quella di creare una "camera di aria in movimento" tra la parete rivestita ed il paramento esterno di rivestimento. Questa

Prospetto, sezione e vista in pianta della facciata ventilata in pietra naturale (fonte Permasteelisa).



“camera” può essere realizzata con un paramento a giunti chiusi creando quindi un passaggio dell’aria con effetto “camino”. Il modulo tipico è composto da una lastra di pietra dalle dimensioni 1200x560 mm e sul tale elemento sono state condotti test di laboratorio per la caratteristiche del materiale. Oltre i test di caratterizzazione del materiale e di verifica del sistema di fissaggio è stato eseguito un performance mock up dell’intera tipologia di facciata al fine di determinare le prestazioni in termini di ventilazione naturale e tenuta all’acqua del sistema.



Sezione verticale di dettaglio con in evidenza i montanti collegati alla retrostante muratura in calcestruzzo per mezzo di tasselli meccanici. I montanti verticali portano le mensole di fissaggio delle lastre con kerf orizzontali (fonte Permasteelisa).

Francesco Giovine architetto, già professore a contratto presso il Best del Politecnico di Milano, è attualmente docente presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Innsbruck. Si occupa di involucri edilizi evoluti e tecnologie di facciata, seguendone l'iter dal progetto al cantiere ed opera come consulente tramite ABc, società di cui è socio fondatore, attiva nel settore del facade- engineering.

Le immagini sono gentilmente messe a disposizione dall'Ing. Paolo Rigone