

# L'utilizzo della tecnologia e di modelli innovativi di design per la realizzazione di involucri architettonici complessi

Emily Carr, Permasteelisa Group, e.carr@permasteelisagroup.com

RICERCA/RESEARCH

**Abstract.** Permasteelisa Group è un produttore di *curtain wall* specializzato a livello globale nella realizzazione di involucri architettonici personalizzati. La missione del Gruppo è quella di utilizzare metodi di progettazione innovativi e tecnologie avanzate per costruire facciate architettonicamente significative. Al fine di soddisfare le richieste di budget e tempistiche del progetto sono stati implementati in tutta l'azienda processi di modellazione 3D, applicazioni personalizzate e processi produttivi automatizzati. Unitamente alle nuove tecnologie, i nuovi metodi di progettazione sviluppati all'interno dell'azienda, come per esempio le unità di deformazione a freddo dei *curtain wall* e le unità di compensazione delle tolleranze, hanno dato ai progettisti la possibilità di infrangere le regole classiche della progettazione.

**Parole chiave:** *Curtain wall*, Facciate, Innovazione, Tecnologia, Modelli 3D

Con l'evoluzione dei limiti dell'architettura imposti da edifici sempre più alti e facciate geometricamente sempre più complesse, vengono richiesti ai produttori di *curtain wall* nuove tecnologie e design innovativi, necessari per tenere il passo con le esigenze dei progettisti. Rivestendo da molti anni il ruolo di ingegnere all'interno del produttore di *curtain wall* Permasteelisa Group, sono stata coinvolta nell'utilizzo di tecnologie avanzate per migliorare i processi di progettazione legati ad alcuni dei nostri progetti più impegnativi. La capacità di collaborare con il progettista nelle fasi iniziali del processo attraverso l'utilizzo delle nuove tecnologie è stata determinante per il successo di molti di questi interventi. Al fine di ridurre i costi e soddisfare le tempistiche progettuali sono stati implementati all'interno dell'azienda software di modellazione 3D, MRP personalizzati (Material Requirements Planning), applicazioni e processi automatizzati. Unitamente alle nuove tecnologie, anche i nuovi metodi di progettazione, come per esempio l'unità di deformazione a freddo dei *curtain wall* e le unità di compensazione delle tolleranze, non solo hanno soddisfatto i criteri di progettazione di ogni specifica facciata, ma hanno dato agli architetti la possibilità di infrangere le tradizionali regole di progettazione.

## Using Technology and Innovative Designs to Build Complex Architectural Envelopes

**Abstract.** Permasteelisa Group is a manufacturer of curtain walls specialized worldwide in the creation of personalized architectural envelopes. The Group's mission is to use innovative design methods and advanced technologies to construct architecturally significant façades. In order to meet project budget and timing requirements 3D modeling, personalized applications and automated production processes have been implemented company-wide. Together with the new technologies, the new design methods developed within the company, such as cold-formed units of curtain walls and tolerance compensation units, have given designers the ability to break classic design rules.

**Key words:** Curtain wall, Façades, Innovation, Technology, 3D Models

As architects push the limits of design with taller buildings and geometrically complex facades, new technologies and innovative designs in curtainwall construction are emerging to keep up with these demands. Working as an engineer with the curtainwall contractor Permasteelisa for the past several years, I have been involved with utilizing advanced technologies in order to improve the engineering processes on some of our more challenging projects. The ability to collaborate with the architect at the early stages of design by using new technology has led to the success of many of these projects. In order to reduce cost and meet project schedules, 3D modeling software, custom MRP (Material Requirements Planning) applications, and automated processes were implemented within the company. Along with new technologies, new design methods like cold-warping curtainwall units and transitioning between offset units have not only met the design criteria for a specific facade, but have given architects the ability to break traditional design rules.

## Modellazione 3D

Con gli ultimi sviluppi del processo BIM (Building Information Modeling), dove tutte le imprese coinvolte in un progetto operano sullo stesso modello 3D per promuovere un ambiente di lavoro più collaborativo, la procedura di formulazione del modello 3D fin dalle prime fasi di progettazione è generalmente accettata come il miglior approccio (Jenkins, 2010). Usando questa metodologia di lavoro, l'idea progettuale può essere trasmessa in modo chiaro e preciso a tutte le figure coinvolte, riducendo le discrepanze e i successivi problemi durante la fase di cantierizzazione. Le facciate più complesse, tuttavia, richiedono un modello 3D non solo per trasmettere l'idea generale del progetto, ma anche per analizzare e verificare la fattibilità della costruzione. Al fine di analizzare rapidamente la forma di ogni elemento del *curtain wall*, viene generato un «*wireframe*» di linee 3D che rappresentano ognuno degli elementi del telaio. Il *wireframe* 3D assicura che gli elementi del telaio siano posizionati correttamente e che l'involucro sia correttamente sigillato. A tal fine, è stato sviluppato una sorta di processo BIM aziendale semplificato, limitato al nostro ufficio tecnico, dove viene adottato questo *wireframe* 3D come riferimento nella progettazione, nell'analisi strutturale, nel disegno 2D e delle fasi 3D di realizzazione del modello.

Per ottenere una perfetta collaborazione con i team di progettazione e costruzione, è importante capire quali sono le informazioni necessarie ad ogni squadra e come questi dati debbano essere forniti. Il nostro database personalizzato memorizza le informazioni destinate ad ogni unità utilizzando un codice identificativo per individuare ogni elemento dell'edificio. I codici identificativi possono essere utilizzati da ogni operatore per fare riferimento a specifici elementi dell'edificio. Su alcuni progetti, il progettista può associare autonomamente i codici identificativi al modello *wireframe* 3D, così da rendere più semplice una perfetta integrazione con il nostro database (Fig. 1). Usando queste informazioni geometriche durante il processo di gestione economica del progetto, possono essere analizzati differenti scenari di costo in un lasso di tempo più breve. Nel caso di un progetto specifico, ad esempio, l'architetto non ha fornito solo i dati dimensionali degli elementi, ma anche informazioni sulla classificazione delle superfici come piane, curve, lenticolari

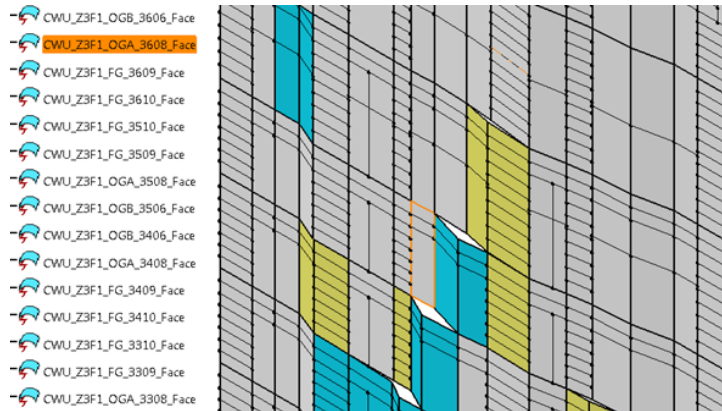
### 3D Modeling

With the latest developments of the BIM (Building Information Modeling) process, where all trades work from the same 3D model to promote a more collaborative working environment, generating a 3D model in the design phase is generally accepted as the best approach (Jenkins, 2010). Using this approach, the design intent can be conveyed clearly and accurately to all trades, reducing discrepancies and problems during the installation phase. The more complex facades, however, require a 3D model not only to convey the conceptual design intent, but to analyze the feasibility of construction. In order to analyze the shape of each curtainwall unit quickly, a 3D «*wireframe*» of lines that represents each framing member on the building is generated. The 3D wireframe ensures that the framing members are placed

correctly and that the envelope is closed properly. Developing somewhat of an internal BIM process within our engineering department, we use this 3D wireframe as a reference in the design development, structural analysis, 2D drafting and 3D fabrication model stages.

To achieve a perfect partnership with the design and construction teams, it is important to understand what information each team needs and how the data should be formatted. Our custom database stores information about each unit using a unique unit address to locate the unit on the building. The unit addresses can then be used by everyone on the project to reference specific areas of the building. On certain projects, the architect will associate the unit address and unit types onto a 3D wireframe model, so we are able to integrate it seamlessly

o acuminate. Questo ci ha permesso di quantificare le tipologie dei pannelli metallici richiesti in modo rapido e di importare le informazioni nel nostro software per stimarne il costo. La stretta collaborazione con l'architetto e la capacità di lavorare dalla stessa piattaforma software 3D ha permesso di realizzare questa facciata architettonicamente complessa con uno sguardo sempre attento ai costi del progetto.



01 | Un wireframe 3D che rappresenta gli elementi del telaio e del curtain wall unificati con codici identificativi univoci

A 3D wireframe representing framing members and unitized curtainwall with unique addresses.

### Applicazioni personalizzate

Pur essendovi, sul mercato, molti validi strumenti di aiuto alla progettazione, in caso di lavori eccessivamente ripetitivi o di carichi di lavoro sproporzionati legati a progetti complessi può essere necessaria la creazione di uno strumento personalizzato ad hoc o la realizzazione di un processo automatizzato. Alcuni edifici possono richiedere la progettazione di più di 20.000 pezzi unici di *curtain wall* che devono essere fabbricati, assemblati e spediti al cantiere senza soluzione di continuità. Permasteelisa utilizza un sistema MRP personalizzato al fine di raccogliere informazioni geometriche dal *wireframe* 3D per guidare la fabbricazione di modelli 3D e denominare ogni elemento in modo corretto. Il sistema MRP mostra anche una rappresentazione grafica della facciata per conservare la traccia delle varie unità, dalla progettazione alla produzione. Tecniche di modellazione parametrica sono utilizzate per ridimensionare i modelli di fabbricazione 3D, eliminando gli errori che si fanno durante la reiterazione dell'operazione di

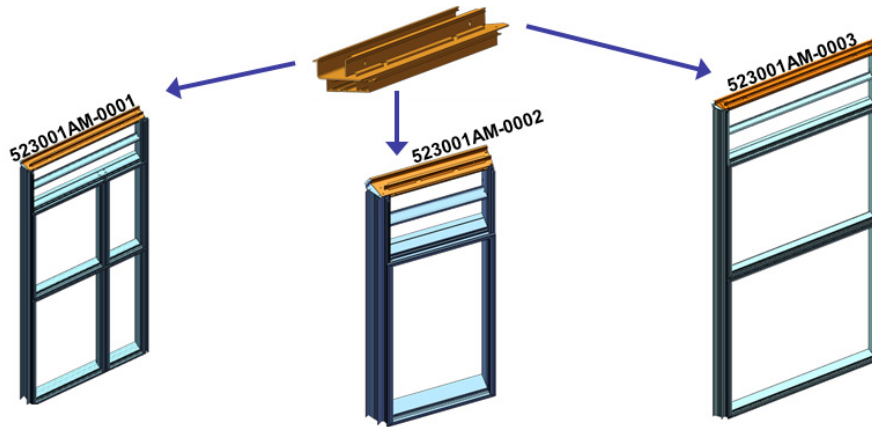
into our custom database (Fig. 1). By using this geometric information during the value engineering process, more cost scenarios can then be analyzed in a shorter amount of time. On one project, the model not only provided square footage information quickly, but the architect embedded data onto each metal panel that categorized the surface as flat, curved, capped, or knife-edged. This allowed us to quantify the metal panel types quickly and import the information into our software to estimate the new cost. The tight collaboration with the architect and the ability to work from the same 3D software platform allowed for this architecturally significant facade to be built with cost-savings in mind.

#### Custom Applications

While there are many beneficial tools

on the market to assist in design, there are times when the repetitive tasks and workload of a more complex project call for a custom tool or automated process. Some projects can lead to more than 20,000 unique curtainwall parts that need to be fabricated, assembled together, and shipped to site seamlessly. Permasteelisa uses a custom MRP system in order to harvest geometric information from the 3D wireframe to drive the 3D fabrication models and name each part properly. The MRP system also displays a graphical representation of the facade to track the units from the design stage to production. Parametric modeling techniques are used to resize the 3D fabrication models, eliminating mistakes that are made when modeling the same condition more than once (Fig. 2). While there are still many companies that primarily use 2D

modellazione (Fig. 2). Mentre ci sono ancora molte aziende del settore che utilizzano principalmente disegni di fabbricazione 2D, abbiamo trovato che i modelli 3D non solo sono più accurati, ma sono anche in grado di rappresentare il nostro intento progettuale e il prodotto finale molto più chiaramente rispetto ai disegni di fabbricazione 2D. Lo sviluppo di applicazioni personalizzate e la ricerca di un processo di modellazione 3D efficace possono essere difficili e possono richiedere la partecipazione di tutti i membri del team, ma una volta che i problemi vengono risolti i vantaggi risultano significativi.



#### Metodi di lavorazione

Man mano che gli involucri architettonici diventano più complessi e vengono raggiunte altezze di costruzione sempre più importanti, non rappresentano più un'eccezione gli esempi di edifici con più di 20.000 elementi di *curtain wall* differenti tra loro. Purtroppo, le tempistiche a disposizione per completare un progetto non aumentano con il crescere del numero di parti di cui esso è composto. Nuovi metodi di lavorazione sono stati studiati per aumentare l'efficienza e soddisfare le esigenze della pianificazione del progetto. Permasteelisa ha eliminato la necessità, in molti progetti, di disegni su carta in 2D importando i modelli 3D nel software CAM (Computer Numerical Control) che gestisce le macchine a controllo numerico per la produzione dei pezzi. Ciò ha ridotto lo spreco di carta in molte

02 | La modellazione parametrica di modelli di fabbricazione 3D  
Parametric modeling of 3D fabrication models

fabrication drawings, we have found that 3D models are not only more accurate, but convey our design intent and the final product much more clearly than 2D fabrication drawings. Developing custom applications and finding a 3D modeling process that works can be challenging and it requires participation from all team members, but once the issues have been resolved the benefits are significant.

#### Machining Methods

As architectural envelopes become more complex and reach new heights, having more than 20,000 unique curtainwall parts on a given project is becoming more common. Unfortunately, the timeline to complete a project has not increased with the growing number of parts. To meet the demands of the project schedule, new

machining methods were researched to increase efficiency. We have eliminated the need for 2D paper drawings on many projects by importing the 3D models into the CAM software that operates the CNC (Computer Numerical Control) machines. This has reduced the amount of paper waste in many stages of a project and has improved the quality of the machined parts. The Quality Control department, for instance, opens the 3D fabrication model on a computer to get inspection dimensions rather than relying on a 2D printout. Programming complex operations like compound miters is also more efficient using 3D models versus the more traditional method of manually entering dimensions into the CAM software.

While there have been great strides made in the last few years to create a more efficient and sustainable

fasi del progetto e ha migliorato la qualità dei pezzi fabbricati. Il Dipartimento Controllo Qualità, per esempio, piuttosto che basarsi su una stampa 2D usa il modello 3D direttamente dal computer di fabbricazione per effettuare verifiche e controlli dimensionali sui pezzi finiti. Anche per la programmazione di operazioni complesse, come la realizzazione di giunti in materiale composito, è più efficiente l'utilizzo di modelli 3D rispetto al metodo tradizionale di inserire manualmente le dimensioni nel software CAM.

È stato molto impegnativo, in alcuni casi, riuscire nell'intento di creare una fabbrica più efficiente e sostenibile utilizzando le nuove tecnologie, ma nonostante questo sono stati compiuti dei notevoli passi avanti. Abbiamo dovuto trovare nuovi fornitori con il *know-how* tecnico per fabbricare con precisione i componenti a partire da un modello 3D e si è reso necessario un nuovo sistema di formazione dei fornitori per assicurare che le informazioni siano correttamente estratte dai modelli 3D forniti. È anche importante documentare gli standard di modellazione utilizzati e distribuire questi a tutte le fabbriche coinvolte. Tuttavia, una volta istruiti adeguatamente, sia i servizi di ingegneria che di produzione sono stati in grado di beneficiare del nuovo processo.

### Metodi innovativi di design

Mentre l'utilizzo di nuova tecnologia ci permette di costruire facciate più alte e più complesse in modo efficiente e preciso, è estremamente importante continuare a ricercare metodi di progettazione innovativi che permettano agli architetti di ideare facciate sempre nuove e interessanti. Uno dei concetti più interessanti generati da Permasteelisa è l'idea che, osservando che le giunzioni sono per loro stessa natura un po' flessibili, gli elementi di *curtain wall* possono essere deformati a freddo per ottenere una superficie non piana. I limiti di curvatura a freddo del vetro e le forze di trazione ammesse sul silicone strutturale sono stati studiati in modo che il *curtain wall* possa assumere l'andatura curva e 'fluttuante' della facciata dell'edificio InterActiveCorp progettato da Frank Gehry (Fig. 3). Un *wireframe* 3D è stato utilizzato per calcolare la forma 'appiattita' di ogni unità, in modo da far combaciare perfettamente i profili dei vari moduli una volta assemblati e curvati in loco.

factory by using new technology, it has been challenging at times. We had to find new vendors that had the technical know-how to fabricate accurately from a 3D model and we have found the need for a new vendor qualification system to ensure that information is properly extracted from the 3D models. It is also important to document the modeling standards used and to distribute this to all of the factories involved. Once implemented, however, the engineering and production departments have been able to benefit from the new process.

#### Innovative Designs

While using new technology allows us to construct taller and more complex facades efficiently and accurately, it is extremely important to continue researching innovative design methods that allow architects to conceptualize

new and interesting facades. One of the more interesting concepts generated out of Permasteelisa was the idea that, observing that the assemblies are somewhat flexible in nature, curtainwall units could be cold-warped to achieve a non-planar surface. The limits of cold-bending glass and the tensile forces allowed on structural sealant were researched so the curtainwall units could be twisted to achieve the curved, 'billowing' facade of the InterActiveCorp building designed by Frank Gehry (Fig. 3). A 3D wireframe was used to calculate the flattened shape of each unit, so they would fit together once twisted out of plane on site.

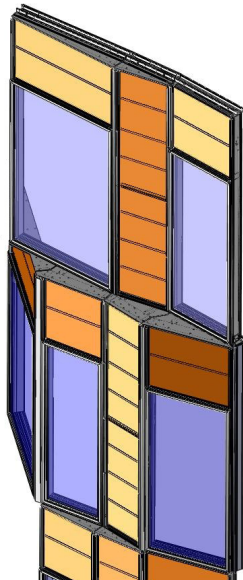
On another architecturally significant high-rise in New York, no two floor plates on the building are alike. To achieve the proper look of this facade, the unit above had to be offset from the

Un altro grattacielo di New York, di grande impatto dal punto di vista architettonico, è caratterizzato dalla plasticità della volumetria a tal punto che non vi sono due solai identici tra loro. Per ottenere il miglior 'look' di questa facciata, ogni elemento doveva essere traslato rispetto a quello sottostante. Questa caratteristica non appartiene ai *curtain wall* tradizionali nei quali tutti gli elementi devono essere allineati per ottenere un'efficace barriera all'aria e all'acqua. Dalla condivisione, in tutta l'azienda, delle conoscenze e delle esperienze di casi simili è stato progettato un sistema di grondaia a due pezzi che compensa sfasamenti nella continuità degli elementi fino a 38 centimetri (Fig. 4). I parametri essenziali sono stati condivisi con l'architetto fin dalle prime fasi di progettazione, in modo che tali caratteristiche

03 |



04 |



03 | InterActiveCorp quartier generale a New York progettato da Gehry Partners  
*InterActiveCorp headquarters in New York City designed by Gehry Partners*

04 | Due elementi del sistema di grondaia traslata (Beekman Tower)  
*Two-piece gutter system at offset units (Beekman Tower)*

potessero essere incorporate nel design della facciata. Il successo di entrambi i progetti deve essere attribuito alla notevole quantità di interazione con l'architetto ed al coinvolgimento dell'azienda fin dalle fasi iniziali della progettazione.

**Formazione** Al fine di promuovere, in azienda, nuove tecnologie e idee innovative sono stati creati gruppi di supporto tecnico con la rappresentazione globale da tutti gli uffici Permasteelisa. Questi gruppi di supporto tecnico hanno accesso ad un forum aziendale interno e si incontrano regolarmente per condividere idee, esigenze di software e progetti di ricerca. Sono state organizzate lezioni frontali per la formazione del personale sulla progettazione, la costruzione e sui principi basilari di ingegneria strutturale dei *curtain wall*. Imparando dalle esperienze passate, sono state sviluppate nuove strategie di distribuzione software per includere standard globali e materiali ad hoc per la formazione di personale di talento in tutto il mondo. In questo modo è possibile ridurre i malintesi e i problemi che possono sorgere quando viene introdotta una nuova tecnologia. Le iniziative di formazione sono comuni per i produttori di grandi dimensioni, ma sono applicabili anche a un singolo progetto. Per esempio, architetti e costruttori dovrebbero riunirsi regolarmente per discutere nuove idee e progetti di ricerca al fine di favorire la creatività e sviluppare assieme un pensiero innovativo. Inoltre, man mano che una nuova tecnologia viene utilizzata, le procedure devono essere standardizzate e condivise con tutti gli attori coinvolti in un progetto. Per esempio, se un modello 3D deve essere condiviso tra diverse imprese, dovrebbe essere fatto uno sforzo per formare ogni azienda sulla piattaforma software utilizzata al fine di evitare ogni possibile equivoco.

**Conclusioni** La capacità di collaborare con il progettista nelle fasi iniziali del processo ha favorito progetti innovativi e metodi efficienti di condivisione delle informazioni. Per visualizzare l'intento di progettare facciate complesse con precisione e migliorare la qualità durante la fase di produzione, i modelli 3D vengono utilizzati in ogni fase di un progetto. Automatizzare alcuni processi ha aumentato anche l'efficienza e ha portato a risultati più accurati. Sfruttando le più moderne tecnologie è stato possibile realizzare

unit below. This is outside the bounds of conventional curtainwall design where the units must be aligned to achieve a proper air and water barrier. By sharing knowledge and experiences of similar concepts throughout the company, a two-piece gutter system was designed that satisfied unit offsets up to 15 inches (Fig. 4). The parameters were shared with the architect early in the design phase, so they could be incorporated into the design of the facade. Attributing to the success of both projects, was the considerable amount of interaction with the architect and our early involvement in the design phase.

#### **Training**

In order to promote new technology and innovative thinking within the company, technical support groups have been created with global representation

from all of Permasteelisa's offices.

These technical support groups are given access to an internal company forum and meet regularly to share ideas, software questions, and research projects. Formal classes have also been developed to train each office on the design, building physics, and structural engineering concepts of curtainwall. Learning from past experiences, new software deployment strategies are being developed to include global standards and customized training materials to build talented personnel worldwide. This will mitigate the amount of confusion and issues that can arise when new technology is introduced. These training efforts are common for large manufacturers, but they are applicable to a construction project as well. For instance, architects and manufacturers should meet regularly to discuss new ideas and research

progetti innovativi e abbattere i precedenti limiti dell'architettura. Permasteelisa non vede l'ora di trovarsi di fronte a nuove sfide lanciate dai progettisti.

## SCHEDA DI PROGETTO | PROJECT SHEET

### Beekman Tower

Luogo | Venue 8, Spruce Street, Manhattan, New York (USA)  
Progetto | Design Frank O. Gehry  
Data ultimazione | Completed in 2010  
Numero di piani | Numbers of floors 76  
Altezza | Height 267 m  
Più di 25.000 parti di curtain wall uniche e 100.000 parti uniche di fissaggio del pannello.  
7.700 unità uniche di curtain wall. 40.000 metri quadrati totali di curtain wall.  
More than 25,000 unique curtainwall parts and 100,000 unique panel assembly parts.  
7,700 unique curtainwall units. 427,734 total square footage.

### InterActiveCorp Headquarters

Luogo | Venue Manhattan, New York (USA)  
Progetto | Design Frank O. Gehry  
Data ultimazione | Completed in 2007  
Numero di piani | Numbers of floors 10

## REFERENCES

Jenkins, J., Cory, C., Kahn, R. e Holt, E. (2010), *BIM 101: An Introduction to BIM Modeling*, The Associated General Contractors of America, Virginia.

projects in order to foster creativity and innovative thinking. And as new technology is used, processes need to be standardized and dispersed to all parties involved with a project. If a 3D model is to be shared between companies, an effort should be made to train each company on the software platform used in order to avoid confusion.

### Conclusions

The ability to collaborate with the designer early in the process has fostered innovative designs and efficient methods of sharing information. To display the design intent of complex facades accurately and improve the quality during the production phase, 3D models have been used in all stages of a project. Automating some of the processes has also increased efficiency and led to more accurate results. Taking

advantage of the latest technology has made it possible for innovative building designs to push the limits of construction and, conversely, for innovative construction methods to push the limits of building design. Always up for a challenge, Permasteelisa can't wait to see what the architects come up with next.