

Progetto di un sistema di rivestimento metallico per l'involucro edilizio

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Massimiliano Condotta, Valeria Tatano,

Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

massimiliano.condotta@iuav.it
valeria.tatano@iuav.it

Abstract. Il contributo presenta il percorso di ricerca e sperimentazione che ha portato allo sviluppo di un elemento di rivestimento metallico, parte di un sistema costruttivo a secco, utilizzabile per coperture e facciate, ideato per offrire al mercato un prodotto da impiegare nella nuova edificazione e nella riqualificazione. Il progetto prende avvio dalla richiesta che un'azienda italiana ha rivolto all'Università Iuav di Venezia con l'obiettivo di innovare la propria offerta commerciale e i processi di produzione per rispondere alle nuove esigenze tecniche ed espressive del mercato. Nel testo viene descritta la metodologia di lavoro utilizzata, che attraverso un percorso progettuale supportato da tecniche digitali e 3D prototyping ha condotto alla realizzazione del sistema.

Parole chiave: Involucro; Rivestimento metallico; Riqualificazione; 3D prototyping; Custom-built.

Architettura in metallo

Utilizzati nei secoli per ricoprire i tetti di campanili, palazzi pubblici e nobiliari, i materiali metallici hanno vissuto negli ultimi decenni un'evoluzione che ne ha ampliato le possibilità di impiego spostando la loro collocazione in facciata.

Dell'utilizzo originario, dalle tradizionali lavorazioni artigianali dei lattonieri ai primi prodotti industrializzati, nulla è andato perso in un passaggio che ha esteso l'ambito di applicazione confermando la tendenza del mercato edilizio a procedere attraverso innovazioni adattive più che con reali invenzioni. I metalli impiegati come rivestimenti verticali sono infatti identici a quelli utilizzati nelle coperture e nella fase iniziale del loro nuovo impiego simili sono state anche le tipologie commercializzate, la cui offerta si è andata ampliando in una fase successiva. Alle piccole scandole in rame o alle lastre in zinco e in piombo che aggraffate alle pareti conferiscono ritmo alle facciate, si sono aggiunti negli anni nuovi prodotti che hanno accompagnato l'evoluzione dei linguaggi del progetto di architettura, assecondando in particolare le conformazioni curvilinee degli involucri (Tatano, 2007).

Design of a metal cladding system for building envelopes

Abstract. This paper presents the research and experimentation that led to the development of a metal cladding element, part of a dry construction system for roofing and facades, designed to offer the market a product for use in new constructions and renovation. The project was initiated by a request from an Italian business for the Università Iuav di Venezia to assist in innovating the company's products and production processes to meet the new technical and aesthetic demands of the market. The report describes the working methodology used to create the system through a design process using digital methods and 3D prototyping.

Keywords: Envelope; Metal cladding; Renovation; 3D prototyping; Custom-built.

Sono state le sperimentazioni di Buckminster Fuller e Jean Prouvé negli anni Trenta del Novecento ad aprire l'orizzonte a nuove visioni che sono risultate fondamentali per lo sviluppo della produzione industriale dei componenti metallici, costituendosi quali archetipi delle realizzazioni successive. La Dymaxion House e la Maison du Peuple a Clichy costituiscono infatti le premesse dei progetti di Frank Gehry o Daniel Libeskind, per citare gli autori di alcune tra le opere contemporanee rivestite in metallo più iconiche: il Guggenheim Museum a Bilbao e il Museo Ebraico a Berlino.

L'attenzione dei progettisti verso le potenzialità espressive dei metalli ha sollecitato le aziende del settore verso lo studio di soluzioni in grado di offrire maggiori possibilità di azione, adattabili anche all'architettura diffusa attraverso la semplificazione del processo di realizzazione del prodotto, senza perdere le peculiarità tecniche e formali dei metalli.

L'offerta commerciale si è orientata in più direzioni operando in particolare nell'ambito delle tecniche di lavorazione, dei trattamenti superficiali, dei sistemi di fissaggio e incastro tra gli elementi, questi ultimi responsabili, in modo maggiore rispetto a quanto avviene con altri materiali di rivestimento, dei risultati che si possono ottenere sul piano formale, dal momento che aggraffature, rivetti, listelli e giunzioni sono in grado di 'disegnare' le facciate secondo le scelte dei progettisti.

Scenari e obiettivi

All'interno di questo scenario di riferimento si colloca un programma di ricerca e sviluppo che un'importante azienda italiana produttrice di lavorati e semilavorati in metallo¹ ha intrapreso nel 2016 per innovare i propri prodotti e processi di produzione

The Use of Metal in Architecture

For centuries employed to cover the roofs of bell towers, public buildings and aristocratic mansions, over the last few decades metal materials have evolved and extended their possible uses, including on facades.

The original uses, from the traditional craftsmanship of tinsmiths and copersmiths to the first industrial products, have not been lost in the move that extended the scope of applications, confirming the building trade's tendency to go ahead through adaptive innovation rather than actual invention. Metals used as vertical cladding are identical to those employed as roof covering. When they began to be used for new purposes the types marketed were also similar, demand extending later. In addition to the small copper shingles and zinc or lead sheets that clipped to walls provide facades with

rhythm, over the years new products have appeared to advance the language of architectural projects, particularly favouring curvilinear envelope conformations (Tatano, 2007).

Experimentation by Buckminster Fuller and Jean Prouvé in the 1930s opened the horizon to new visions fundamental for developing the industrial production of metal elements, becoming archetypes for later artefacts. Dymaxion House and Maison du Peuple at Clichy are the premises for projects by Frank Gehry or Daniel Libeskind, to cite the authors of some of the most iconic contemporary metal clad buildings: the Bilbao Guggenheim Museum and the Berlin Jewish Museum.

Designers' attention to the expressive potential of metal encouraged companies in the trade to study solutions that could offer greater opportunities, also adaptable to 'everyday' architecture, by

al fine di migliorare l'offerta commerciale e rispondere alle nuove esigenze tecniche ed espressive del mercato.

Con queste intenzioni l'azienda, di grandi dimensioni, localizzata nel nord-est e con una rete di vendita nazionale ed europea², si è rivolta all'Università Iuav di Venezia, e in particolare al gruppo di ricerca di ArTec³ cui appartengono gli autori, affidando lo sviluppo di un prodotto innovativo attraverso un contratto di ricerca applicata conto terzi⁴.

Sebbene il settore delle costruzioni abbia attraversato anni difficili, particolarmente in Italia, il rapporto annuale del Cresme presentato nel 2017 individua comunque una ripresa⁵, legata in particolare alla riqualificazione del patrimonio esistente, ambito di interesse dell'azienda soprattutto per quanto riguarda il mercato interno.

Le richieste per il nuovo prodotto sono state molto precise: integrare l'offerta commerciale con un sistema metallico costituito da elementi modulari da ottenere mediante tecniche di produzione automatizzate, utilizzabile per il rivestimento di coperture e di facciate, ideato per proporsi come un prodotto innovativo da impiegare sia nella nuova edificazione che nella riqualificazione. L'obiettivo consisteva nell'ottenere un prodotto idoneo a soddisfare e aggredire una domanda proveniente dal nord Europa ma che si sta allargando verso l'Europa dell'est, guardando a future espansioni verso il mercato asiatico: un prodotto 'facile', ma dotato nel contempo di una forte caratterizzazione espressiva.

Questi motivi hanno evidenziato da subito una serie di caratteristiche che il sistema doveva possedere.

La prima era legata alla materia prima: il prodotto da sviluppare doveva essere realizzabile nei vari metalli commercializzati dall'azienda (rame, acciaio, zinco, ecc.) comunque pensato

soprattutto per l'alluminio verniciato che attualmente offre un buon rapporto prezzo-prestazioni.

Leconomicità era un altro requisito, dipendente dalla velocità e semplicità nell'installazione, che non doveva quest'ultima necessitare di manodopera specializzata, molto costosa nei paesi del nord Europa e quasi del tutto assente nei paesi dell'est e asiatici. Un'ulteriore peculiarità era legata agli aspetti architettonici e al *brand identity* aziendale: era fondamentale la possibilità di personalizzazione della composizione finale del rivestimento, collegata all'originalità del sistema che doveva offrire una riconoscibilità dello stesso.

Infine, il sistema doveva risultare flessibile, cioè utilizzabile in più situazioni (nuove costruzioni, ristrutturazioni, rigenerazione-restyling di edifici industriali e commerciali) e in più collocazioni (sia in facciata che in copertura), rispondendo in ogni caso e soprattutto al requisito di tenuta all'acqua.

Uno sguardo sui competitor

Il lavoro ha preso avvio dall'analisi dello stato dell'arte che il gruppo di ricerca ha svolto in parte in autonomia e in parte seguendo le considerazioni dell'azienda, in questo caso orientate soprattutto all'offerta dei competitor. Lo sfondo di riferimento ha consentito di costruire un quadro del mercato nei suoi punti di forza e negli elementi critici che costituiscono la sfida cui dare risposta.

In particolare, si è evidenziato come le aziende, soprattutto nord-europee, si stiano orientando verso un prodotto personalizzabile e con caratteristiche di estrema versatilità e flessibilità, proprie di un lavoro artigianale pur utilizzando elementi modulari derivati da una produzione di serie. In questo modo si ottiene un sistema

simplifying product manufacturing, without losing the metal's technical and formal features.

Products on the market are orientated in a number of directions, particularly regarding processing methods, surface treatments, and systems for fixing and wedging the elements, responsible to a greater degree than other cladding materials for formal results, as clamps, rivets, battens and joints can be used by architects to 'design' a façade.

Scenarios and Objectives

This scenario includes a research and development plan undertaken in 2016 by an important Italian company producing finished and semi-finished metal products¹. Its aim was to innovate its products and production processes for the purpose of improving its business proposal and meeting the market's new technical and aesthetic needs.

This was the intention of a large company located in north-east Italy with a domestic and European sales network² when it approached the Università Iuav di Venezia, in particular the ArTec³ research group to which your authors belong, entrusting it with the development of an innovative product by means of an applied research agreement⁴.

Although the building trade has been through years of difficulty, especially in Italy, the 2017 Cresme annual report acknowledged an upturn⁵, linked mainly to the renovation and refurbishment of existing buildings, an area in which the company is interested, above all in Italy.

The request for a new product was precise: to integrate business proposals with a metal system comprising modular elements to be made by automated production methods, for use as clad-

ding for roofs and facades, designed as an innovative product suitable for new buildings and renovation alike. The aim was to achieve a product that could aggressively meet demand from northern Europe, but which is extending toward Eastern Europe and looking to future expansion onto the Asian market: an 'easy' product with strong expressive characteristics.

This immediately highlighted a series of features essential to the system.

The first was linked to raw materials: it had to be possible to make the product in question in the different metals marketed by the company (copper, steel, zinc, etc.), although it was primarily designed for pre-painted aluminium, which currently has a good price-performance ratio.

Another requisite was an economical product, depending on the speed and simplicity with which it could be fitted.

Installation had to be possible without the need for skilled labour, expensive in northern Europe and inexistent in eastern and Asian countries.

A further feature was linked to architectural aspects and corporate brand identity: it was essential to be able to customise the final composition of the cladding, linked to the originality of a system and making it identifiable.

Finally, the system had to be flexible, that is to say adaptable to various situations (new constructions, renovations, regeneration-restyling of industrial and commercial buildings) and different applications (facades and roofs), and above all fulfil the requirement for a weathertight and watertight product.

An Eye on Competitors

Initially an analysis of the state of the art was carried out, partly independently by the group and partly to the

composto da vari elementi tra loro uguali ma con proporzioni, finiture e trattamenti superficiali diversi e differentemente assemblabili tra loro. Concettualmente si tratta di un'idea alquanto semplice che tuttavia, dal punto di vista tecnico, pone dei problemi rilevanti.

I sistemi tradizionali di rivestimento di coperture (coppi, tegole, ecc.) sono infatti basati su elementi di dimensioni standardizzate tutti uguali tra loro e proprio per questa omogeneità determinano sul piano formale uno schema regolare e univoco in cui la posizione delle connessioni reciproche (i sormonti) è stabilita a priori, garantendo pertanto un aggancio tra gli elementi sicuro e soprattutto impermeabile.

L'introduzione di moduli con misure diversificate e con posizioni di connessioni variabili, implica dunque la necessità di sviluppare sistemi di aggancio capaci di garantire flessibilità e allo stesso tempo tenuta all'acqua.

Questa doppia funzione è risultata essere il punto debole dei sistemi analizzati, che se da un lato offrono elementi con una certa libertà di aggancio, dall'altro, proprio a causa di questa possibilità, presentano dei rischi di infiltrazione, risultando idonei per una collocazione in facciata, ma necessitando tuttavia dell'integrazione di sistemi di impermeabilizzazione se posti in copertura.

In altri casi si è notato come la strada intrapresa dal mercato sia stata quella del prodotto "firmato". Ne è un esempio un'azienda francese che nel suo catalogo ha inserito una *Gamme Architectural* il cui prodotto di punta è un sistema di rivestimento metallico per facciate disegnato da Philippe Starck⁶. Si tratta di una soluzione di grande impatto che garantisce riconoscibilità all'edificio, ma che rischia di divenire autoreferenziale, riducendo la

company's specifications, in this case orientated particularly toward competitors. This made it possible to build a picture of the market, its strong points and critical elements.

In particular, it was clear that companies, especially northern European ones, were orientated toward a customisable product, extremely versatile and flexible, typical of artisan work, albeit using mass produced modular elements. This provides a system comprising several elements that are the same but have different proportions, treatments and surface finishes and are assembled in different ways. The concept is extremely simple but poses significant problems from the technical point of view.

Traditional roofing systems (tiles, bent tiles, etc.) are based on standard sized elements that are all the same and this very homogeneous nature creates a

univocal, regular pattern in which the position of the overlaps is established, ensuring secure, watertight engagement between the elements.

Therefore, the use of different sized modules and variable connections implies the need to develop engagement systems that will guarantee flexibility and weather-tightness.

This double function is the weak point in the systems we analysed. If on the one hand they provide elements with a certain amount of freedom for engagement, on the other hand, just because of this possibility, there are risks of infiltration. They are suitable for facades, but still need to be integrated by waterproofing systems if used on roofs.

In other cases, the market has been seen to go in the direction of 'signature' products. An example is a French company that has included a *Gamme Architectural* in its catalogue. The star

potenzialità espressiva del singolo progettista a favore di un'immagine identificabile con il designer dell'elemento di rivestimento piuttosto che con l'artefice del progetto architettonico.

Dall'idea al progetto

La caratterizzazione espressiva di un sistema personalizzabile, *custom-built*, dotato di connotati figurativi e percettivi originali, andava quindi ricercata nel disegno del prodotto e nei sistemi di connessione, con la sfida di dover trovare una soluzione che garantisse le prestazioni di tenuta all'acqua necessarie senza la necessità di predisporre particolari sottostrutture o sistemi impermeabilizzanti in base alle condizioni di impiego.

Partendo da questo presupposto, l'approccio metodologico scelto ha affrontato contemporaneamente entrambe le tematiche: connotati figurativi e *performace* funzionali.

Come spesso avviene in un processo creativo ci si è affidati a un'idea principale, emersa negli incontri di *brainstorming* con l'azienda: la scelta di operare attraverso un segno dominante in grado di determinare un disegno sia orizzontale che verticale, enfatizzato dalla presenza delle ombre create dal sistema stesso.

La presenza dell'ombra è stata ottenuta come risultato di una "piega" che ha assunto il ruolo di generatore dei disegni possibili, seguendo la «tendenza ad usare un principio organizzatore o un'idea dominante di partenza come un dettaglio che viene sviluppato in uno stile, oppure un concetto astratto o un'immagine» (Arielli, 2003). È iniziato così un processo creativo che dall'osservazione e dall'astrazione dell'esistente – «la creatività è ristrutturazione» (Legrenzi, 2005) – ha portato dapprima a riconoscere l'elemento generatore, la piega appunto, per individuare poi una metodologia di sviluppo che legasse tecnica ed espres-

sive connotations and functional performance. As often happens in the creative process, we adopted the main idea put forward in brainstorming sessions with the company: to operate through a dominating sign that could determine both horizontal and vertical design, emphasised by shadows created by the system. Shadows were created by a 'fold' that became a generator of possible patterns, following the «tendency to start from an organising principle or dominating idea as a detail developed into a style, abstract concept or image» (Arielli, 2003). This began a creative process that from observation and abstraction of the existing – «creativity is restructuring» (Legrenzi, 2005) – led to acknowledging the generating element, that is to say the fold, in order to identify a methodology that linked

product is a metal cladding system for facades designed by Philippe Starck⁶. The solution is stunning and immediately identifies buildings, but it risks becoming self-referential, reducing the potential of individual designers due to an image identified in the cladding element designer rather than the project architect.

From an Idea to a Project

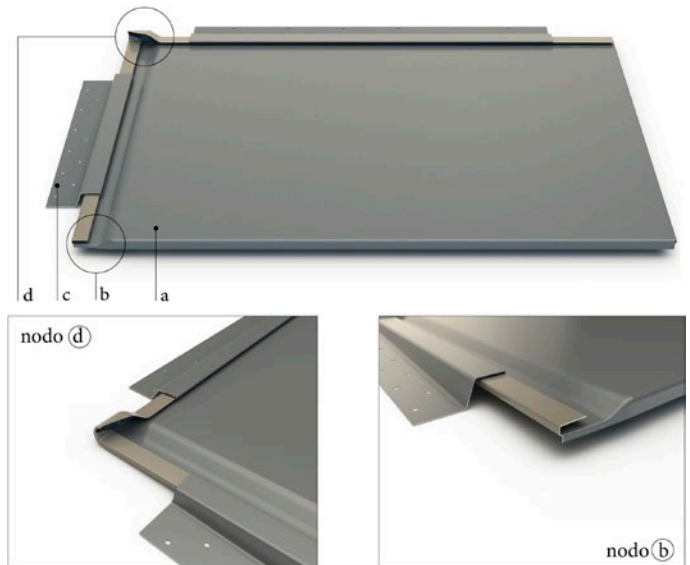
The expressive features of a custom-built system with original figurative and perceptive connotations were therefore to be sought in the product's design and connection systems, rising to the challenge of finding a solution that ensured watertight performance without the need to place special substructures or waterproofing systems based on conditions of use. Starting from this point, our methodological approach dealt simultaneously with

product is a metal cladding system for facades designed by Philippe Starck⁶. The solution is stunning and immediately identifies buildings, but it risks becoming self-referential, reducing the potential of individual designers due to an image identified in the cladding element designer rather than the project architect.

product is a metal cladding system for facades designed by Philippe Starck⁶. The solution is stunning and immediately identifies buildings, but it risks becoming self-referential, reducing the potential of individual designers due to an image identified in the cladding element designer rather than the project architect.

01 | Rappresentazione digitale del modulo sviluppato. Legenda: a) piega verso l'interno del pannello; b) abbassamento per accogliere l'elemento adiacente; c) sistema di fissaggio; d) nodo d'angolo per innesto dell'elemento adiacente

Digital representation of the module. Legend: a) fold toward the inside of the panel; b) lowering to receive the adjacent element; c) fixing system; d) corner node for engaging the adjacent element



sione formale, usata come spunto di avvio del processo ideativo. Come se si trattasse di un moderno origami, il disegno individuato è stato trasposto sul foglio di metallo per raggiungere attraverso diverse piegature una pluralità di configurazioni e nel contempo le prestazioni tecniche necessarie.

Il sistema sviluppato è pertanto composto da un modulo base generato da una serie di pieghe realizzate su un singolo foglio di metallo (Fig. 1), in cui il segno dominante che determina il disegno dell'intero sistema è generato dall'ombra che il lembo inferiore proietta sull'elemento a cui si sovrappone. Lo stesso lembo, costituito da una serie di pieghe, svolge anche la funzione di aggancio dei moduli superiori su quelli inferiori evidenziando nel loro sormonto la trama principale della composizione.

La connessione nel senso opposto è stata al contrario studiata in modo da generare ombre minime e garantire complanarità tra gli elementi adiacenti. Tale modalità di collegamento è resa possibile da una serie di pieghe continue che determinano dapprima un abbassamento della superficie (Fig. 1, nodo b) generando un

alloggiamento per il modulo adiacente e successivamente, tramite un ulteriore risvolto della lamiera, conformano un elemento di connessione a tenuta d'acqua (Fig. 1, nodo d).

Un particolare accorgimento tecnico è adottato nell'angolo superiore del modulo dove le curve appena descritte, attraverso un'ulteriore rotazione parametrica lungo le forme del lembo superiore, vanno a conformare una tasca la cui particolare conformazione crea un'efficace barriera all'acqua nell'angolo, punto critico nella maggior parte dei sistemi oggi in commercio, mentre la giunzione che si viene a creare permette una certa libertà nel posizionare l'elemento superiore che può quindi scorrere lungo la curvatura di incastro (Fig. 2, step 6) durante le operazioni di montaggio (Fig. 2) per essere posizionato con lo sfasamento desiderato rispetto agli altri moduli.

Le caratteristiche appena descritte costituiscono anche l'origine delle peculiarità di flessibilità del prodotto, quali: la possibilità di essere installato sia in copertura che in facciata (Fig. 3); di essere disposto sia orizzontalmente (Fig. 3) che verticalmente (Fig. 4,

technical aspects and formal expression, used to trigger the design process. Like a modern origami, the design proposed was transferred to a sheet of metal folded in different ways to achieve several configurations that provided the necessary technical performance.

The system comprises a basic module generated by a series of folds in a single sheet of metal (Fig. 1), where the dominating sign that determines the design of the entire system is generated by the shadow projected by the lower element onto the overlapping one. The same element, comprising a series of folds, also acts as the connection of the upper modules to the lower ones, showing the main pattern of the composition in its overlap.

Connection in the opposite direction was instead studied to generate minimum shadow and guarantee co-

planarity between adjacent elements. This connection method is made possible by a series of continuous folds that initially lower the surface (Fig. 1, node b), generating a housing for the adjacent module, and then by means of another fold in the sheet metal create a watertight connection element (Fig. 1, node d).

A special technical expedient is adopted in the top corner of the module, where the curves described above are turned again along the top edge to create a pocket so shaped as to create an effective water barrier in the corner, which is the critical point of most systems on the market today. The joint created allows a certain freedom in positioning the upper element, which can slide along the curve recess (Fig. 2, step 6) during installation (Fig. 2) to be positioned with the required offset from the other modules.

The characteristics described above also make the product flexible, providing the possibility for fitting to roofs and facades (Fig. 3); placing horizontally (Fig. 3) or vertically (Figs. 4, 5) due to the continuous curvature that also allows the water to flow perpendicularly to the main direction; producing in different dimensions deriving from geometrical proportions of the basic module, to create numerous patterns (Fig. 6).

With regard to designing an 'easy' product, laying is simple due to two pre-drilled upper and side edges through which the system can be screwed directly onto the support. Finally, the varied module dimensions are suitable for different needs and ensure rapid covering of any surface, be it a small house roof or the façade of a commercial building or office block. The market will tell us in the future

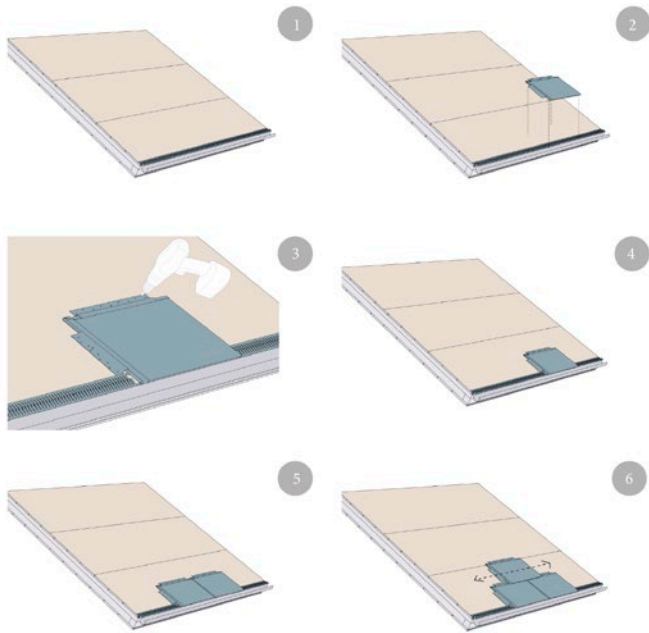
whether our work also achieved its target in the field of satisfaction and sales.

Operating Method

Designing such a complex system, in which individual folds in a 0,7 mm thick sheet of metal affect the result of the entire cladding, was made possible using innovative technologies at all stages: 3D parametric modelling software at the product conception stage, 3D prototyping for checking and refining working drawings, computer-aided production methods for the manufacturing stage.

This was an innovative way to use these methods, as up to recently regular use of digital technologies in architecture was limited to increasing efficiency, productivity and the formal output of drawings. Very often modelling by computer took place at the end of the project and added only second-

02 |



02 | Schema delle operazioni di montaggio del sistema

Diagram of system assembly operations

03 | Render che simula l'installazione del modulo sia in copertura che in facciata con disposizione orizzontale dei moduli

Render simulating fitting the module on a roof and on a facade, with modules arranged horizontally

04 | Render del sistema installato in facciata con disposizione verticale dei moduli

Render of system fitted to a facade, with modules arranged vertically

5) grazie all'andamento continuo delle curvature che permettono all'acqua di scorrere anche nella direzione ortogonale a quella principale; di essere prodotto in diverse dimensioni derivate da una proporzione geometrica con il modulo base offrendo innumerevoli pattern compositivi (Fig. 6).

In merito alla necessità di progettare un prodotto 'facile', la semplicità di posa è garantita dai due lembi preforati superiori e laterali attraverso i quali, tramite viti, è possibile fissare il sistema direttamente al supporto; infine, le dimensioni dei moduli, varie e adeguate alle diverse esigenze, assicurano velocità nel rivestire e ricoprire qualsiasi superficie, sia essa il piccolo tetto di un'abitazione residenziale o la facciata di un edificio commerciale o direzionale.

Il mercato dirà nei prossimi anni se il lavoro ha raggiunto l'obiettivo anche sul piano commerciale del gradimento e delle vendite.

La metodologia di lavoro

La progettazione di un sistema così complesso, nel quale il disegno delle singole pieghe di una lamiera metallica spessa 0,7 mm si ripercuote sull'esito finale dell'intero rivestimento, è stata possibile grazie al supporto di tecnologie innovative utilizzate in tutti gli stadi del processo progettuale: software di modellazione tridimensionale e parametrica nella fase di concezione del prodotto, *3D prototyping* nella fase di verifica e affinazione dei disegni costruttivi, tecniche di produzione *computer-aided* per il momento della produzione.

03 |



| 04





05 | Render del sistema installato in copertura con disposizione verticale di moduli
 Render of system fitted to a roof, with modules arranged vertically

Si è trattato di un modo innovativo di utilizzare queste tecniche dato che fino a poco tempo fa l'uso abituale delle tecnologie digitali in architettura si limitava a incrementare l'efficienza, la produttività e la resa formale dei disegni di progetto. Il più delle volte, la modellazione tramite computer avveniva a progetto ultimato e vi apportava solo modifiche di carattere secondario. Si enfatizzava soprattutto la possibilità di utilizzare i sistemi CAAD per la descrizione dettagliata e la modellazione di singole idee progettuali, anziché per l'opportunità di esplorare le alternative (Pongratz e Perbellini, 2000).

La concezione/progettazione del modulo attraverso software di modellazione ha reso invece il processo ideativo più dinamico offrendo la capacità di valutare in tempo reale i potenziali esiti prestazionali attraverso sistemi di simulazione e di rappresentazione del *concept* di prodotto (Di Nicolantonio, 2017) e potendo valutare come variazioni minime delle pieghe del singolo modulo influissero sull'esito finale del sistema nel suo complesso.

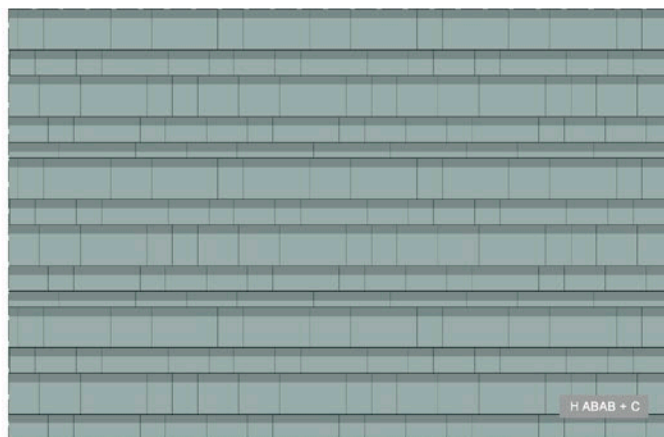
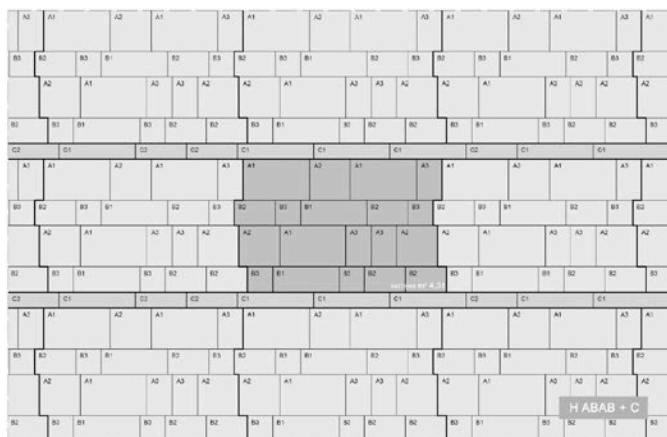
Un ulteriore vantaggio è consistito nell'aver reso possibile la proposizione di forme continue e complesse, che partendo dall'adozione di descrizioni di curve e superfici basate su algoritmi parametrici (Di Nicolantonio, 2017), ha permesso l'ideazione di un sistema di connessione tra i moduli che garantisse le prestazioni di tenuta all'acqua richieste.

In un percorso progettuale come questo basato sul rielaborare, adattare e plasmare l'elemento attraverso sistemi digitali in

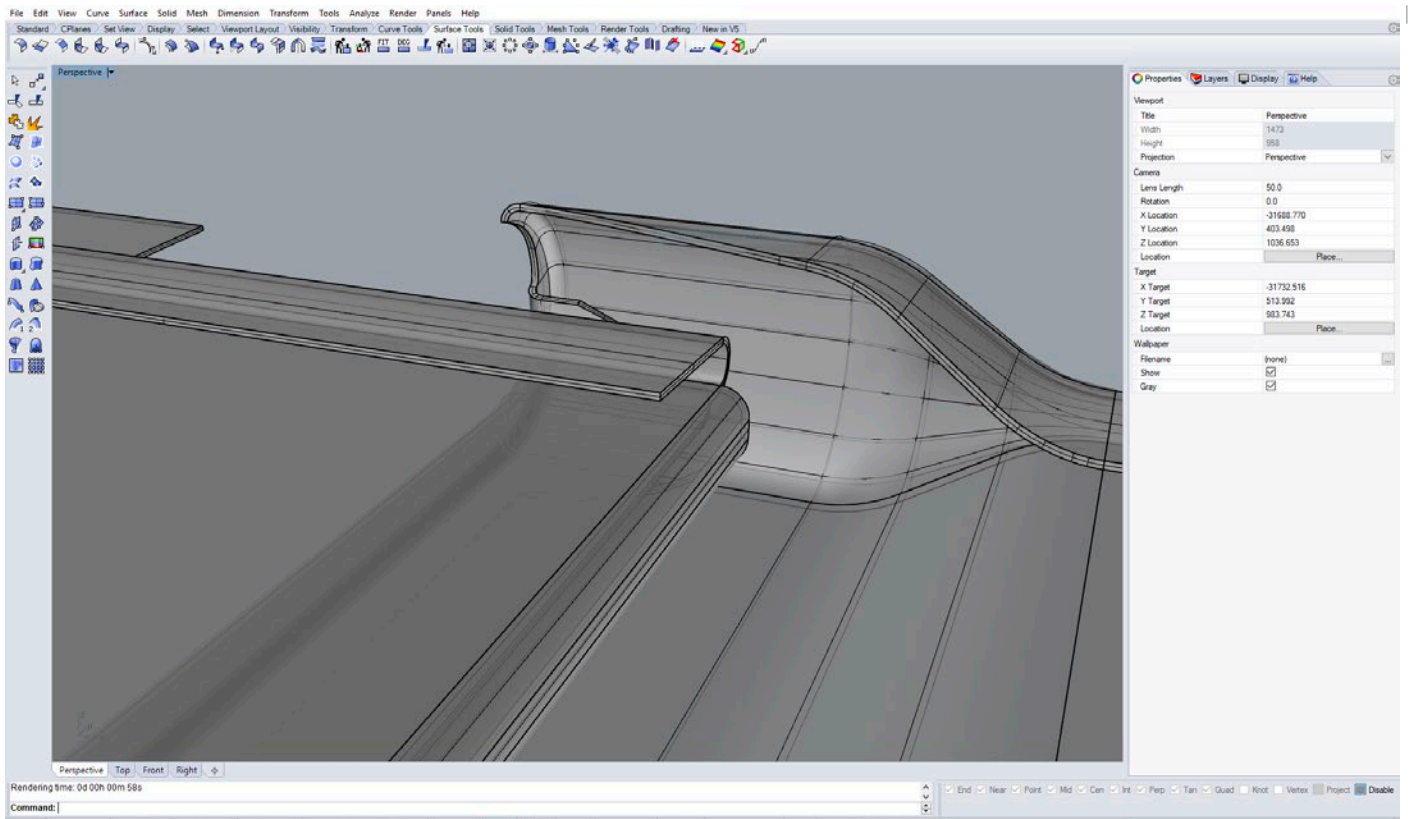
un processo di "digipolazione"⁷⁷ del modello virtuale (Fig. 7) è nondimeno importante anche poter "manipolare" l'oggetto che si sta progettando, in una sorta di processo *blended* che ibrida elaborazione virtuale e materiale, soprattutto quando si lavora sulle forme dei componenti edili e con la duttilità del metallo. Il *3D prototyping*, che dal modello virtuale realizza un oggetto in resina (Fig. 8b), è stato quindi un passaggio fondamentale che ha permesso di verificare la correttezza del sistema ideato attraverso un prototipo in scala reale condiviso con i tecnici dell'azienda, con i produttori di macchine e presse *computer-aided* che dovranno realizzare l'elemento, oltre che con gli installatori di fiducia per verificare le risposte dell'elemento durante il percorso che va dalla produzione alla messa in opera. A questa fase di prototipazione automatizzata si è affiancata la realizzazione di campioni in metallo prodotti artigianalmente (Fig. 8a) che hanno consentito una ulteriore verifica di montaggio delle diverse soluzioni e di resa finale del prodotto, suggerendo modifiche e miglioramenti da riportare al modello virtuale.

Ecco quindi che questa esperienza di ricerca, attraverso una ridefinizione del processo di progettazione, rielabora il concetto di "digipolazione" intendendolo in un modo più originale come quel processo *blended* che ibrida modellazione virtuale con modellazione artigianale in un continuo *loop* di ridefinizione reciproca di entrambi i prototipi.

L'apparente semplicità formale che il sistema determina in fac-



06 | Schema di uno degli innumerevoli pattern compositivi che si possono realizzare con il sistema
 Diagram of one of the many patterns possible with the system



07 | Screenshot della fase di lavorazione al computer, attraverso un software di modellazione tridimensionale, per simulare e quindi verificare il sistema aggancio tra due moduli adiacenti
 Screenshot of the computer 3D modelling stage to simulate and check the engagement system between two adjacent modules

ciata è in realtà ottenuta attraverso articolate variazioni di piegatura e messa in opera del modulo base. La versatilità di questo modulo, garantita dal particolare sistema di incastro, insieme alle tecniche di produzione automatizzate previste, permettono la realizzazione in vari formati e con una diversità di trattamenti superficiali, mettendo a disposizione del progettista più elementi diversamente combinabili tra loro, andando a definire una serie di pattern compositivi quasi infinita.

ary changes. Above all, the opportunity was seen to use CAAD systems for detailed descriptions and modelling of individual design ideas, rather than just to explore alternatives (Pongratz and Perbellini, 2000). The conception/design of modules by modelling software has made the creative process more dynamic by providing the ability to assess potential performance in real time through simulation and product concept representation (Di Nicolantonio, 2017) and to assess how minimum variations in the folds on individual modules affect the overall result of the system. A further advantage was the proposal of continuous, complex shapes. Starting with the adoption of descriptions of curves and surfaces based on parametric algorithms (Di Nicolantonio, 2017), it was possible to design a module connection system that ensured the

required water tightness. In a project like this, based on the re-elaboration, adaptation and formation of an element by means of digital systems in a “*digipolazione*” process⁷ of a virtual model (Fig. 7), it is also important to be able to “manipulate” the object being designed, in a sort of blended process that mixes virtual and actual processing, particularly when working on the shapes of building components involving the pliancy of metal. 3D prototyping, which makes a resin model from a virtual one (Fig. 8b), was a fundamental step that made it possible to check the accuracy of the system designed by means of a full-scale prototype shared with the company’s engineers, manufacturers of the computer-aided machinery and presses to be used in manufacturing the element, as well as trusted fitters to check the response of the element

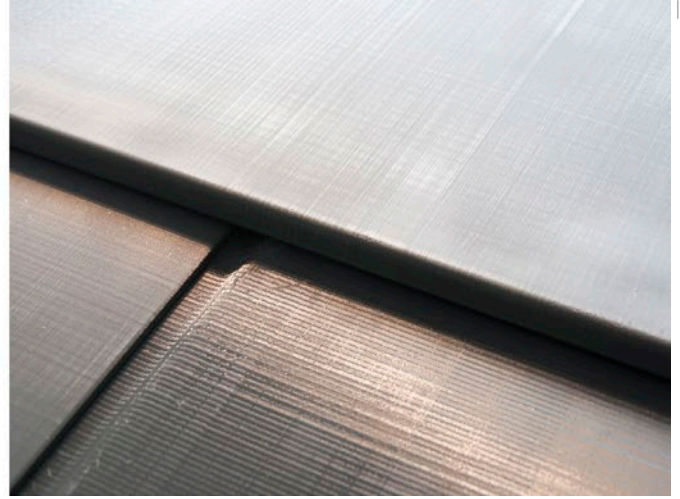
Si viene così a configurare quel sistema personalizzabile, *custom-built*, dotato di connotati figurativi e percettivi originali che lo avvicina alla qualità dei prodotti artigianali quale esito di un processo in cui «industria ed artigianato finiscono con l’identificarsi, per effetto di una reale de-standardizzazione del prodotto, dovuta all’affrancamento della produzione in serie, dato che una produzione organizzata e regolata da una elaborazione automatica dell’informazione consente una variazione continua

from production to use. At this automated prototyping stage metal samples were made by hand (Fig. 8a) to further check assembly of the several solutions and the product final performance in order to identify alterations and improvements to apply to the virtual model. By redefining the design process, this research experience re-develops the concept of “*digipolazione*”, considering it in a more original way as a blended process that mixes virtual and artisan modelling in a loop that reciprocally redefines both prototypes. The system’s apparent simplicity on facades arises from variations in the folds and application of the basic module. The versatility of the modules, which is ensured by the special engagement system and the automated production methods involved, makes it possible to

manufacture several formats with different surface treatments, providing designers with a number of elements that can be combined to give an almost infinite series of patterns. This configures a custom-built system with original figurative and perceptive connotations similar to the quality of artisan products in which «industry and craftsmanship are identified due to the effect of real product de-standardisation arising from the enfranchisement of mass production, because production organised and regulated by automatic data processing makes continuous variations in products possible, the quantity factor no longer being an issue, in favour of the product’s intrinsic quality» (Morabito, 1990). **Conclusions** Patent has been applied for regarding the product and the process should be



08 | a) prototipo realizzato in alluminio verniciato (l'immagine mette in risalto l'effetto cromatico e delle ombre ottenuto grazie al sistema delle pieghe).
 b) prototipo ottenuto da stampa 3D (particolare delle connessioni tra i vari elementi)
 a) prototype in pre-painted aluminium (the image underlines the effect of colouring and shadow given by the system of folds).
 b) 3D printed prototype (detail of the connection between several elements)



del prodotto, legata alla vanificazione del fattore quantitativo, per privilegiare la qualità intrinseca del prodotto stesso» (Morabito, 1990).

Conclusioni

Il prodotto è stato sottoposto a procedura di brevetto la cui conclusione è prevista per l'estate del 2018, mentre la messa in produzione e commercializzazione è in corso di avvio⁸.

L'obiettivo del progetto, teso a ottenere una differenziazione dell'offerta senza aumentare troppo i costi, è stato raggiunto. Il catalogo verrà integrato da un sistema che consentirà al progettista di poter scegliere tra un'ampia gamma di finiture, trattamenti e misure che garantiranno un elevato grado di libertà espressiva, coniugando la versatilità con la personalizzazione e le prestazioni funzionali.

Il percorso è durato un anno e mezzo e ha consentito di costruire

concluded by summer 2018, whereas production and marketing are currently being set up⁸.

The aim of the project, which was to achieve differentiation of business proposals without unduly increasing costs, has been reached. The catalogue will be integrated by a system that provides designers with a wide choice of finishes, treatments and sizes that will bring together versatility, customisation and functional performance to give them extensive freedom of expression.

The project lasted one and a half years and built up increasingly greater interaction between the design team and the company, with reciprocal collaboration from the design to the production stages. The new "designed" characteristics are driving innovation for other applications and sales development for a company whose

product design is orientated to but not overwhelmed by the market. The company believed and invested in co-design activities with the university, to "go beyond" those simple technological advances by trial and error, or the adaptive innovations typical of most corporate innovation. The objective was to trigger a brainstorming process founded on the gestalt idea of restructuring, intertwined with micro-insight (Legrenzi, 2005) to ideate a challenging product in all its conception, design, development and production aspects⁹.

NOTES

¹ The commissioning company is Mazzonetto S.p.A., Loreggia, Padua.

² Due to its global turnover, the company is third in a list of the 25 main sheet metal manufacturers in Italy. Cf. C. Lorenzini, "Classification of the

una interazione sempre maggiore tra il team di progettazione e l'azienda, con compenetrazioni tra le fasi di ideazione e produzione. Le nuove caratteristiche "progettate" stanno divenendo motore di innovazione per ulteriori ambiti applicativi e sviluppi commerciali dell'azienda, che ha fatto proprio un approccio al design di prodotto che guarda al mercato senza farsene sopraffare. Un'azienda che ha creduto e investito in una attività di co-progettazione con l'università, intendendo con questo "andare oltre" quei semplici avanzamenti tecnologici per prove ed errori, o innovazioni adattive che caratterizzano gran parte dell'innovazione aziendale, con l'obiettivo di innescare un processo di brainstorming fondato essenzialmente sull'idea gestaltica della ristrutturazione, ma intessuto di momenti di *micro-insight* (Legrenzi, 2005) per ideare un prodotto sfidante in tutti i suoi aspetti di concezione, progettazione, sviluppo e produzione⁹.

Trading Accounts of Metal Working Companies", in *Lattomeria Numero 5*, November 2017, pp. 18-25.

³ ArTec (Archive of Methods and Materials for Architecture and Industrial Design) is part of the Università Luav di Venezia Laboratory System.

⁴ The company had worked in the past with another group from the same university to develop a product then placed in production, testifying the importance certain companies that believe in innovation attribute to relationships with universities, taking advantage of the third mission, often uncompleted, but not in our case.

⁵ XXV CRESME Report on the Economic Situation and Forecast, *Il mercato delle costruzioni 2018. Lo scenario di medio periodo 2017-2022*, November 2017, 3-49.

⁶ The company referred to is Bacacier, a leading French industrial group pro-

ducing metal cladding for buildings.

⁷ The word "*digipolazione*" was coined and used for the first time by Massimiliano Condotta in his research into computer-aided design systems carried out in Italian and European research programmes.

⁸ Patent title "Modular Metal Element for Weathertight Cladding of Roofs and Facades" by Mazzonetto S.p.A., Loreggia (Padua) applied for on 23 February 2017 with application number 102017000020762. Inventors: Massimiliano Condotta, Valeria Tatano and Jacopo Mazzonetto.

⁹ This article is the result of the close collaboration of the two authors. Nevertheless, if specific parts are to be attributed to the individual author, this can be done as follows: paragraphs 1, 2, 6, by Valeria Tatano; paragraphs 3, 4, 5, by Massimiliano Condotta.

NOTE

¹L'azienda committente è la Mazzonetto S.p.A. di Loreggia, Padova.

²Per dimensione globale del fatturato, l'azienda si colloca al terzo posto tra i 25 produttori principali del comparto latorneria in Italia. Cfr. C. Lorenzini, "Classifiche dei bilanci delle imprese della latorneria", in *Latorneria* Numero 5, novembre 2017, pp. 18-25.

³ArTec (Archivio delle Tecniche e dei materiali per l'architettura e il disegno industriale) fa parte del Sistema dei Laboratori dell'Università Iuav di Venezia.

⁴La stessa azienda aveva in passato collaborato con un altro gruppo della medesima Università per sviluppare un prodotto poi entrato in produzione, a dimostrazione dell'importanza che alcune ditte che credono nell'innovazione attribuiscono al rapporto con le Università, traendo vantaggio dalla spesso incompiuta, ma non nel nostro caso, terza missione.

⁵XXV Rapporto congiunturale e previsionale Cresme, *Il mercato delle costruzioni 2018. Lo scenario di medio periodo 2017-2022*, novembre 2017, 3-49.

⁶L'azienda è la Bacacier, un gruppo industriale leader in Francia nella produzione di rivestimenti metallici per l'edilizia.

⁷Il termine "digipolazione" è un neologismo pensato e usato per la prima volta da Massimiliano Condotta all'interno delle sue ricerche sui sistemi di progettazione assistita al computer condotte all'interno dei programmi di ricerca Nazionali ed Europei.

⁸Titolo brevetto "Elemento modulare metallico per il rivestimento a tenuta d'acqua di tetti e facciate di edifici" della Mazzonetto S.p.A a Loreggia (Padova) depositato il 23 febbraio 2017 con il numero di domanda 102017000020762. Inventori: Massimiliano Condotta, Valeria Tatano, Jacopo Mazzonetto.

⁹Questo articolo è il frutto della stretta collaborazione dei due autori. Ciò nonostante, se parti specifiche devono essere attribuite al singolo autore, questo può essere fatto come segue: paragrafi 1, 2, 6, di Valeria Tatano; paragrafi 3, 4, 5, di Massimiliano Condotta.

REFERENCES

Arielli, E. (2003), *Pensiero e progettazione: la psicologia cognitiva applicata al design e all'architettura*, Bruno Mondadori, Milan.

Di Nicolantonio, M. (2017), "Gli strumenti digitali per il design", in Forlani, M. C., Vallicelli, A. (Eds.), *Design e innovazione tecnologica, modelli d'innovazione per l'impresa e l'ambiente*, Gangemi, Rome, pp. 24-31.

Lefteri, C. (2004), *Il metallo. Materiali per un design di ispirazione*, Logos, Modena.

Legrenzi, P. (2005), *Creatività e innovazione*, il Mulino, Bologna.

Manzini, E. (1986), *La materia dell'invenzione. Materiali e progetto*, Arcadia, Milan.

Morabito, G. (1990), *Forme e tecniche dell'architettura moderna*, Officina edizioni, Rome.

Pongratz, C., Perbellini, M.R. (2000), *Nati con il computer, giovani architetti americani*, testo&immagine, Turin.

Prouvé, J. (2007), *La poetica dell'oggetto tecnico*, Skira, Milan.

Stefaner, M., Dalla Vecchia, E., Condotta, M., Wolpers, M., Specht, M., Apelt, S. and Duval, E. (2007), "MACE - enriching architectural learning objects for experience multiplication", in Duval, E., Klamma, R. and Wolpers, M. (Eds.), *Creating new learning experiences on a global scale*, proceedings of the Second European Conference on Technology Enhanced Learning, Springer LNCS, pp. 322-336.

Tatano, V. (2007), "Armature urbane", *Materia*, n. 54, pp. 38-45.

Vicario, G. Bruno (1991), *Psicologia Generale*, CLUP, Padua.