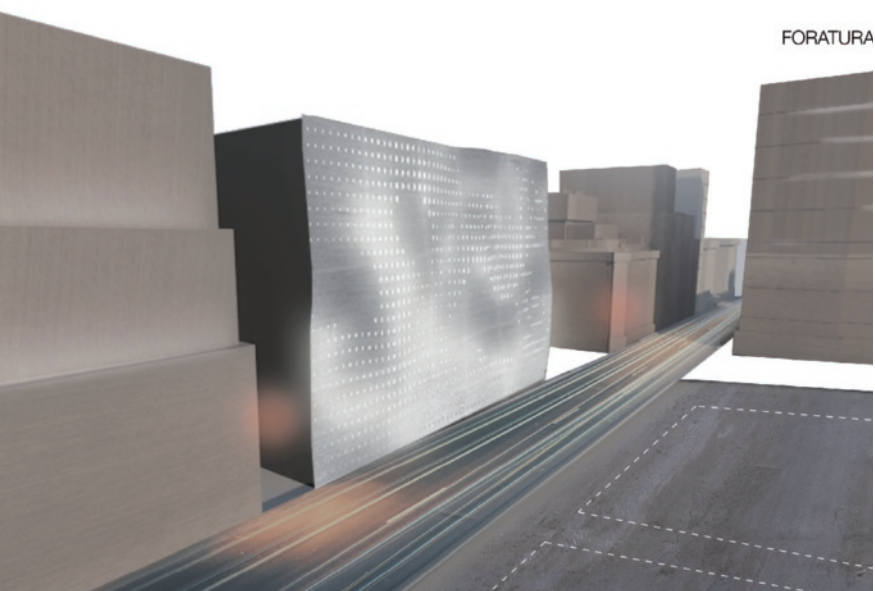
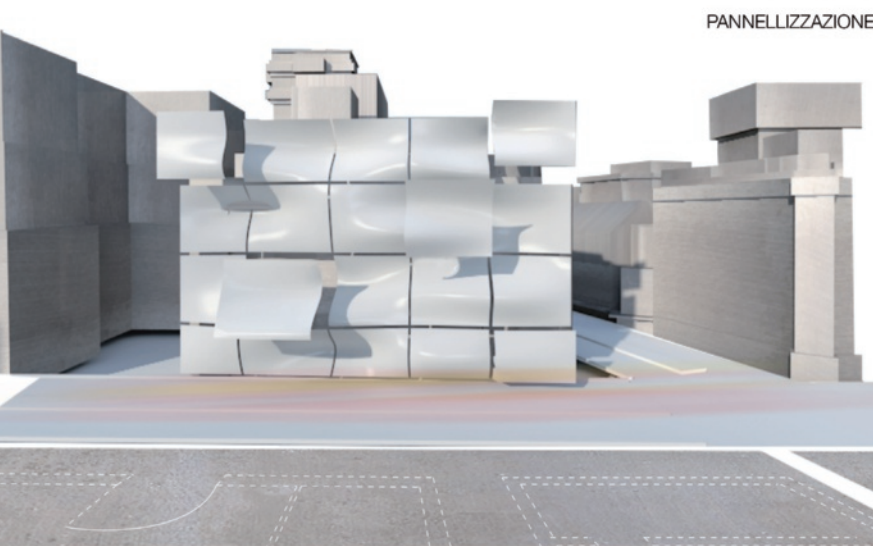


Bio.Reskin: IL RIVESTIMENTO

» Gianandrea Mazzola con la collaborazione di Massimiliano Nastri

Rivolto al mondo dell'architettura e ingegneria, l'innovativo sistema di rivestimento oggetto di questo nuovo approfondimento e argomento di tesi è indicato sia per nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni. Esso consente di ottimizzare la forma dell'involucro architettonico in funzione di parametri ambientali specifici, ottimizzandone l'efficienza energetica



All'interno del panorama architettonico contemporaneo la progettazione dell'involucro edilizio si palesa attraverso un insieme di paradigmi di tipo evoluto, tali da potersi delineare attraverso l'attuazione metodologica e scientifica di strumenti progettuali e tecnici. Questi ultimi, finalizzati allo sviluppo del sistema di rivestimento, possono rivelarsi già noti, tradizionali e applicati su varia scala, piuttosto che frutto di idee e di sperimentazione di processi altamente innovativi. In quest'ultimo caso l'involucro edilizio si potrebbe caratterizzare mediante un insieme di operazioni di tipo complesso, dalle fasi iniziali di studio preliminare, fino a quella realizzativa e di messa in opera degli elementi, fornendo elevato valore aggiunto in termini architettonici e prestazionali.

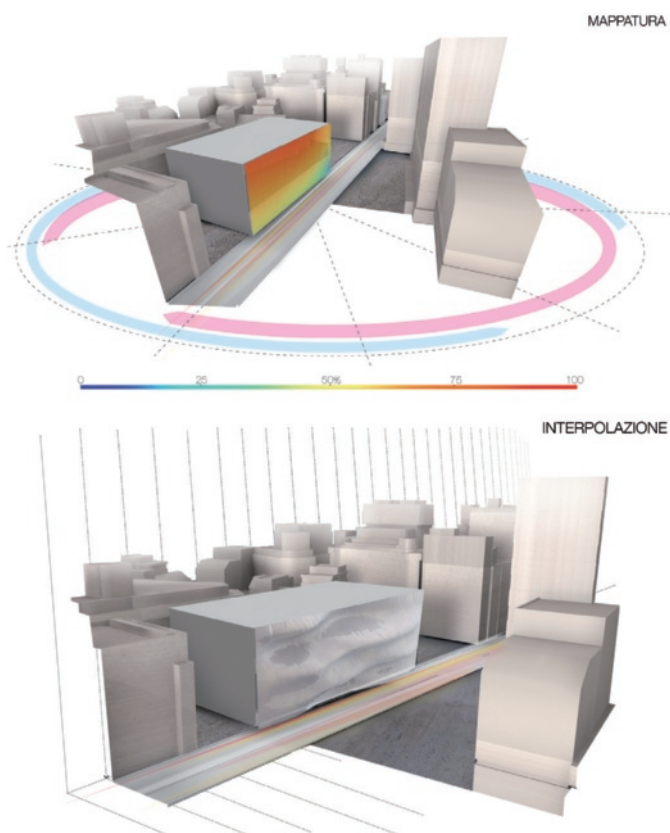
Partendo da questi presupposti, l'obiettivo della tesi svolta congiuntamente da **Chiara Loria** e **Davide Morra** e **Alessandro Guzzetti** con relatore il prof. arch. **Massimiliano Nastri** del dipartimento Best del **Politecnico di Milano**, è stato quello di esplorare sistemi di rivestimento di tipo responsive, ovvero la cui forma può essere ottimizzata in funzione di parametri ambientali specifici, attraverso strumenti computazionali. Ciò con la volontà di sistematizzare un processo di tipo automatizzato in grado di mettere in relazione diretta la progettazione e la produzione dei componenti; una metodologia possibile mediante la trasposizione di tecniche tipiche di altri settori applicativi, in particolare della termoformatura e delle macchine a controllo numerico (Cnc). «*La disamina – spiega Chiara Loria – è stata sviluppata con il prezioso supporto del prof. Stefano Andreani dell'Università di Harvard, dove da tempo si stanno svolgendo sperimentazioni su processi automatizzati di progettazione computazionale e di digital fabrication*».

Una sperimentazione che si è concretizzata non solo in forma teorica ma anche mediante la prototipazione di un componente termoformato realizzato con la collaborazione di alcune aziende del settore: **Adreani materie plastiche** per la fornitura del materiale, **Cms industries** per la realizzazione della dima e la termoformatura, infine **Lilli Systems** per la messa a punto del sistema di giunto.

METODOLOGIA E MODELLO OPERATIVO

In questo contesto appare evidente come l'ormai matura evoluzione tecnologica e progettuale dei sistemi di rivestimento abbia permesso di analizzare metodi di progettazione avanzata e incrementale, attraverso l'inserimento di dati ambientali, come

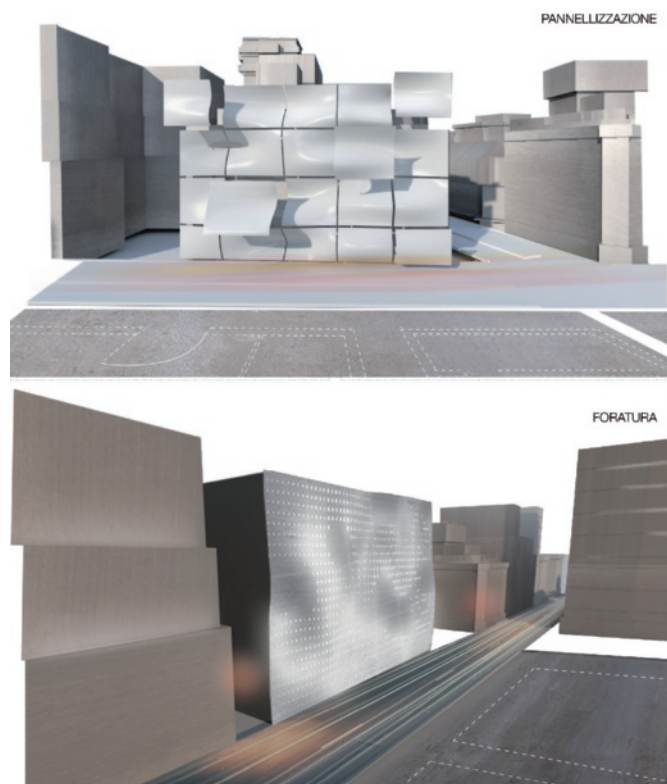
EDILIZIO TRA FORMA E SOSTENIBILITÀ



La morfologia dei rivestimenti Bio.reskin si concretizza in un risparmio energetico, traducibile in termini economici e in garanzia di durabilità

per esempio l'irraggiamento solare e le sollecitazioni acustiche, per l'ottimizzazione della forma.

«Il nostro studio – continua Loria – si è così concentrato su alcuni fronti di interesse: sull'impiego di materiali termoformabili evoluti atti a consentire la realizzazione di forme complesse all'interno di ogni componente, riducendo il numero complessivo di elementi e velocizzando la procedura produttiva e di assemblaggio; sulla differenziazione dei componenti, vincolata, secondo una produzione di tipo strategico, a modalità di ottimizzazione della fase progettuale e di scomposizione della forma; sul trasferimento del processo di termoformatura al settore dei sistemi di rivestimento in accordo con lo sviluppo di tecniche di produzione digitale e di sperimentazione di materiali evoluti nell'architettura contemporanea, come i biopolimeri». L'elaborato di tesi si è così articolato su due livelli di approfondimento: il primo ha indagato il processo mediante la caratterizzazione delle sue fasi teoriche e metodologiche, mentre il secondo si è riferito alla creazione di un modello operativo, ovve-



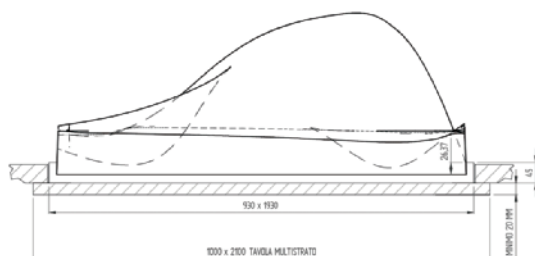
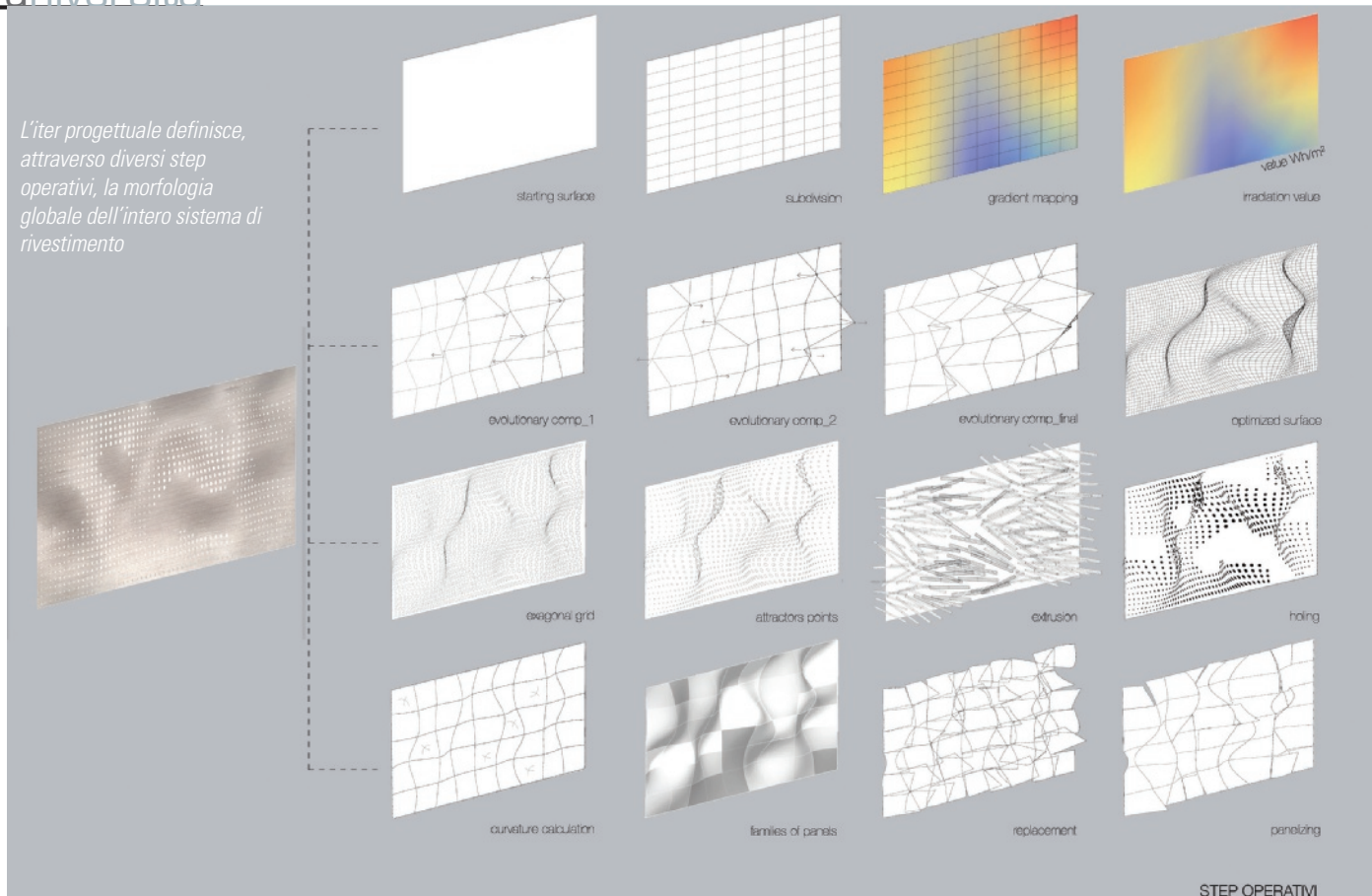
La pannellizzazione, ovvero la discretizzazione della superficie di progetto finalizzata alla sua suddivisione in famiglie di pannelli, e l'eventuale pattern di foratura, forniscono ulteriori vantaggi in termini estetici e prestazionali della facciata

ro all'elaborazione di un algoritmo di calcolo, in grado di supportare e semplificare la progettazione di geometrie complesse per sistemi di involucro.

A sua volta, l'elaborazione di quest'ultima parte ha previsto due possibilità di analisi: una riguardante l'ottimizzazione della forma a partire da una superficie planare, come situazione di input di tipo convenzionale; l'altra riguardante l'ottimizzazione, secondo i requisiti prestabiliti, di una superficie tridimensionale definita in precedenza, all'interno di un range di modifica identificato. «Lo studio – prosegue sempre Chiara Loria – si è poi concentrato sulla definizione di un processo automatizzato, che parte dalla mappatura e ottimizzazione della forma, sino alla semplificazione della fase di assemblaggio dei componenti, in grado di interfacciare un network di competenze aggregate per la gestione flessibile del sistema complesso».

Più nel dettaglio, a livello metodologico la disamina intrapresa è iniziata con la definizione dei requisiti ambientali per l'ottimizzazione della forma, quali per esempio l'irraggiamento solare ter-

L'iter progettuale definisce, attraverso diversi step operativi, la morfologia globale dell'intero sistema di rivestimento



Le macchine Cnc riescono a interfacciarsi direttamente la progettazione CAM per la realizzazione della dima, necessaria alla termoformatura, con un elevato livello di precisione.

mico o le sollecitazioni acustiche, e dell'inserimento dei dati corrispettivi all'interno del software computazionale. Valutazione che ha assunto i parametri afferenti non solo alla geolocalizzazione e all'orientamento, ma anche al contesto di appartenenza fisica del sistema di involucro (tenendo in considerazione le interferenze legate a edifici circostanti o a condizioni specifiche) e al periodo temporale in cui si effettua l'analisi, dato che deve esprimere al meglio la condizione di appartenenza al contesto.

«L'acquisizione e l'impiego di questi parametri – spiega Davide Morra – hanno così portato alla determinazione di una mappatura sulla superficie di involucro secondo un gradiente cromatico RGB, ovvero una scala di colori primari che rappresenta in modo qualitativo l'andamento del requisito selezionato sulla superficie. A livello applicativo la nostra elaborazione si è riferita al parametro dell'irraggiamento, con l'obiettivo di ottimizzarne i valori di intensità (espressi in kWh/mq) secondo i principi di massimizzazione e di minimizzazione. La prima, volta a determinare i punti maggiormente esposti prefigurando la precisa collocazione di elementi per l'acquisizione di energia solare, quindi un'esecuzione calibrata della tecnica fotovoltaica; la minimizzazione, volta invece a diminuire l'irraggiamento globale della superficie che consente, per esempio, la riduzione della fatica dei compo-

menti di rivestimento». Lo studio affrontato dai laureandi ha poi previsto anche la composizione dell'algoritmo di calcolo per la gestione dei dati climatici e la realizzazione della mappatura, mediante il settaggio, ovvero la sistematizzazione dei dati relativamente alla collocazione geografica, al materiale di rivestimento e al periodo temporale, oltre che alla tipologia di analisi. In particolare lo studio ha integrato l'utilizzo di *Diva*, un plug-in ideato da un team di ricercatori dell'**Università di Harvard** a Cambridge (Massachusetts, Usa), contenente un archivio di dati statistici georeferenziati, per l'analisi e la definizione dell'incidenza dell'irradiazione solare. In questo modo è stato possibile mappare e restituire i valori nelle due situazioni prefigurate: sia nel caso di superfici planari che per superfici tridimensionali già definite.

SUPERFICI, OTTIMIZZAZIONE E DEFINIZIONE PANNELLI

In seguito alla mappatura della superficie lo studio, a livello metodologico, ha poi comportato l'interpolazione della superficie



Per la realizzazione della dima, utile alla prototipazione Bio.reskin, è stato utilizzato un blocco in MDF. Resine ad alta resistenza e acciaio, invece, garantiscono risultati migliori per le produzioni seriali

stessa per la determinazione della tipologia di ottimizzazione definita.

«Questa – aggiunge Alessandro Guzzetti – ha permesso di ottenere un involucro la cui forma non rappresentava solamente un esito formale, ma che conteneva, in ogni sua parte, modificazioni puntuali legate al contesto. A livello applicativo lo studio ha previsto l'ottimizzazione mediante l'impiego di un tool integrativo chiamato *Galapagos*. Questo plug-in in seguito alla definizione del dominio di modifica, ovvero della definizione della massima e minima trasla-

zione che i punti della superficie possono assumere, ha determinato il loro spostamento mediante operazioni di tipo evolutivo, ovvero operazioni che riproducono artificialmente i meccanismi darwiniani».

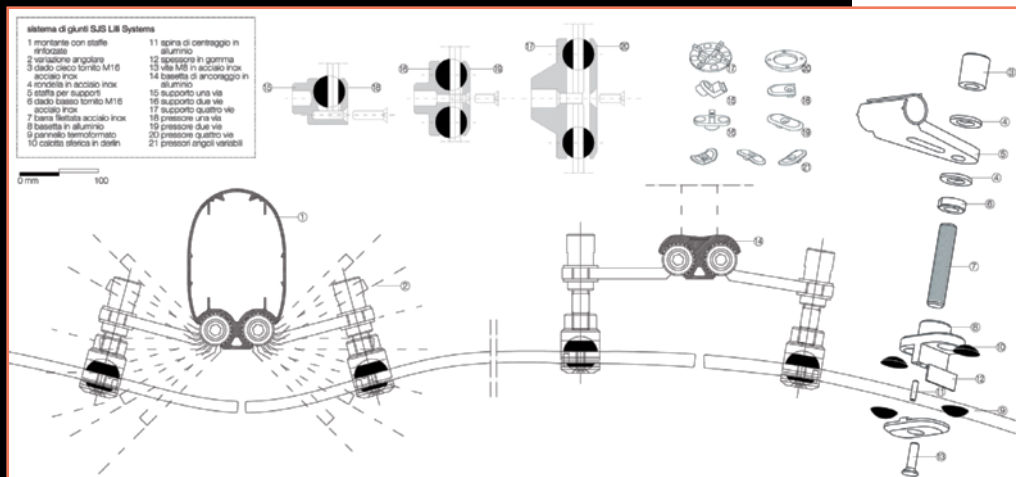
A questo punto lo studio è proseguito con la razionalizzazione della forma complessa definendone la pannellizzazione, ov-

Sistema di aggancio per sottostrutture (esistenti e non)

Per rispondere ai requisiti di semplificazione della fase di assemblaggio, lo studio svolto dai laureandi in questo elaborato ha proposto un'analisi delle sottostrutture esistenti in grado di interfacciarsi con sistemi a geometrie complesse, secondo il trasferimento tecnologico delle giunzioni multivia, acquisiti dal comparto dei sistemi di facciata. Nello specifico la ricerca è stata rivolta verso un elemento che fosse flessibile e regolabile in officina, in modo tale che l'operatore potesse procedere direttamente alla messa in opera, senza effettuare ulteriori operazioni. L'integrazione nella progettazione di strumenti computazionali permette di stabilire con esattezza la distanza di ogni punto di giunzione rispetto al filo di facciata. Si è riconosciuto nel sistema di giunto spider SJS di Lilli Systems l'elemento pienamente rispondente a tali esigenze. Nello specifico il sistema è composto da due componenti altamente flessibili: un snodo sferico, che non prevede la foratura dei pannelli e quindi previene l'usura nel punto di giunzione (questo è dotato di calotte sferiche a spessore variabile in Derlin, in grado di assorbire le sollecitazioni esterne e le flessioni delle lastre, senza tensioni aggiuntive); la ghiera, che permette di regolare i bracci ogni 15° e consente di intercettare le curvature complesse dei pannelli.



Il sistema SJS di Lilli System apre nuovi scenari nei sistemi di sottostruttura per rivestimenti edilizi di tipo innovativo



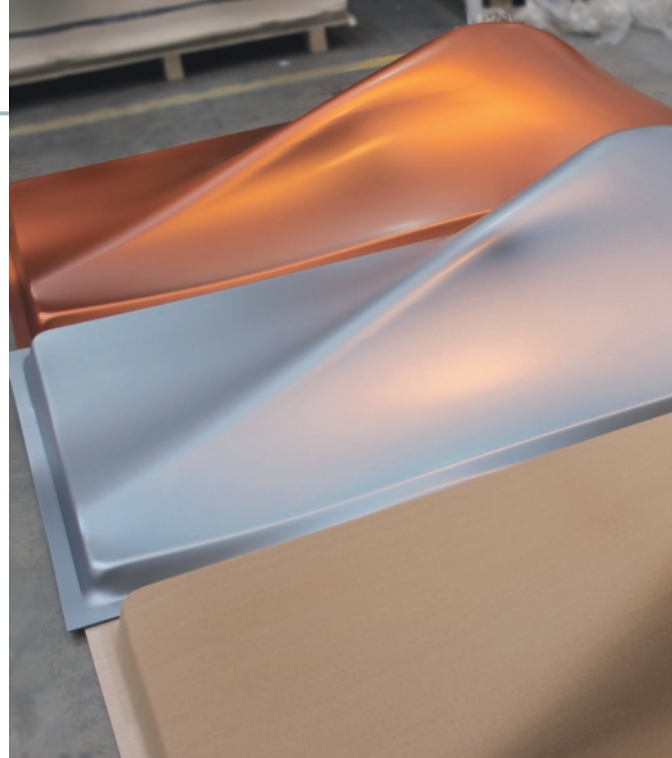


Durante la termoformatura la lastra termoplastica, in questo caso di materiale Ripanel, subisce un rammollimento che permette di accogliere la forma definita della dima

vero la scomposizione in componenti della forma complessiva, nell'ottica di una customizzazione di tipo strategico. Nel caso di realizzazione tramite termoformatura si sono riconosciuti tre criteri di pannellizzazione, ovvero una discretizzazione secondo l'impiego di elementi delle dimensioni massime realizzabili, una progettazione di tipo bottoum-up e un'ultima che ha previsto il calcolo della curvatura media di ciascun componente per consentire una suddivisione per famiglie dell'intero sistema. «Il primo criterio – sottolinea ancora Guzzetti – mira principalmente a stabilire le dimensioni massime di ciascun pannello in relazione ai requisiti di trasportabilità e assemblaggio, in modo da ridurre il numero di dime e di semplificare la sottostruttura. Per il secondo metodo lo studio parte dalla definizione di famiglie di componenti e non dalla superficie complessiva, per una forma che è generata dalla loro composizione e ottimizzazione che le coinvolge per famiglie appunto. L'ultima modalità di pannellizzazione, quella che abbiamo approfondito anche per il caso applicativo affrontato, prevede invece un calcolo della curvatura media di ciascun componente per consentire una suddivisione per famiglie dell'intero sistema. Successivamente si procede operando la sostituzione dei pannelli, appartenenti alla stessa famiglia, mediante l'elemento che, nel baricentro, presenta il valore di curvatura più vicino alla media. Infine si procede con operazioni di taglio e rotazione dei componenti in modo da diminuire il range di discontinuità derivante dall'approssimazione della forma complessiva».

DALLA FINITURA ALLA TERMOFORMATURA

Definite le modalità operative per la pannellizzazione, lo studio ha portato a definire alcune tipologie di finitura del componen-



Diverse finiture dei prototipi realizzati. Nuove logiche prestazionali ed estetiche con Bio.reskin

te che può essere soggetto anche a incisione superficiale, serigrafia o a trattamenti antistatici, oppure sottoposto a lavorazioni integrative mediante fresatura per l'ottenimento di sistemi frangisole. La tipologia di foratura può essere così associata al gradiente cromatico (attraverso una corrispondenza tra la tipologia di foro e il valore della mappatura), ai requisiti derivanti dall'analisi delle funzioni interne e dalla loro necessità di illuminazione, al materiale di facciata retrostante al sistema di rivestimento, opaco o trasparente, e alla presenza di aperture. «Nel corso del nostro studio di approfondimento – riprende Loria – abbiamo definito anche le caratteristiche del pattern in relazione alla determinazione della geometria del foro, della modalità di tassellazione e del grado di omogeneità della foratura, di tipo fisso o variabile. L'elaborazione ha inoltre previsto la possibilità d'integrazione di tecnologie fotovoltaiche e fotocatalitiche al pannello termoformato. Nel caso di tecnologie fotovoltaiche si può ipotizzare l'inserimento di un film fotovoltaico a base polimerica, i cui requisiti geometrici di orientamento per l'ottimizzazione del rendimento, possono essere inseriti all'interno dell'algoritmo in fase progettuale».

Lo studio a livello applicativo attuato ha poi previsto la definizione di un algoritmo atto a determinare un pattern di foratura, associato al gradiente cromatico della mappatura di irraggiamento solare termico. La tipologia di foratura è determinata dal posizionamento nello spazio di punti attrattori che definiscono un'area di influenza specifica in relazione alla mappatura e definiscono la variazione scalare della geometria dei fori, nella sperimentazione da esagonali a circolari, in relazione alla distanza dai punti attrattori. «In seguito alla fase di pura progettazione computazionale – aggiunge Morra – abbiamo definito le modalità con le quali in-

terfacciarci con le macchine a controllo numerico per la realizzazione della dima necessaria alla termoformatura. Dima prodotta generalmente in Mdf, resina o acciaio, e necessaria per la procedura di termoformatura».

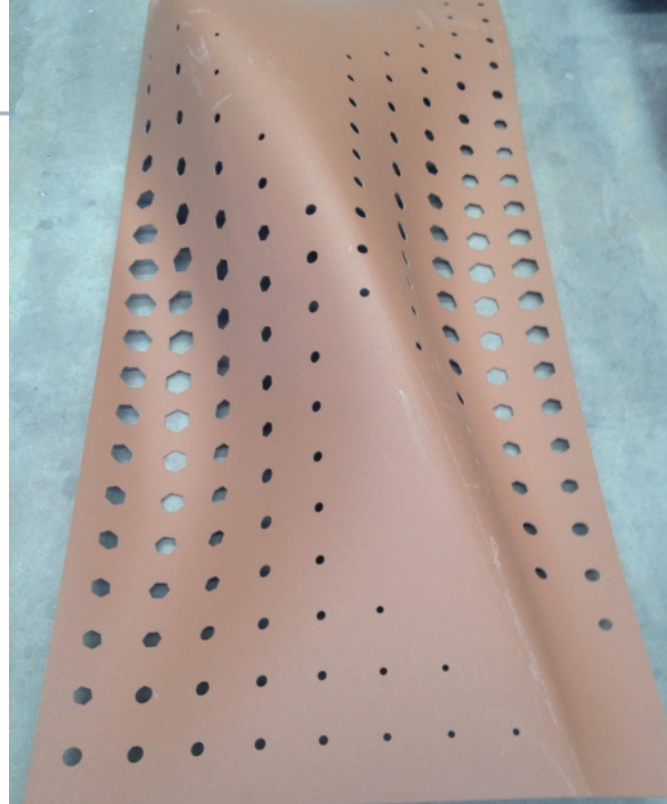
Il passaggio CAD/CAM ha consentito l'esportazione diretta delle features geometriche dal modello tridimensionale e la realizzazione di figure complesse con elevato livello di precisione. La fase di termoformatura segue invece il tradizionale e noto processo di lavorazione, a partire dal posizionamento della dima e della lastra termoplastica nella macchina termoformatrice per ottenerne il semilavorato pronto per la finitura successiva e per lo stoccaggio finale.

DAL PROGETTO ALLA PROTOTIPAZIONE

Definito l'iter metodologico progettuale per giungere alla definizione del pannello, l'elaborazione del tema di tesi si è infine concentrata sulla prototipazione di un componente reale, in grado di dimostrare le potenzialità del processo. «La ricerca dei materiali – precisa Morra – si è indirizzata verso i biopolimeri che, per loro intrinseca specificità, garantiscono maggior reversibilità rispetto ai termoplastici tradizionali (Pmma, Pvc, Abs ndr) durante il loro ciclo di vita».

I materiali di ultima generazione evidenziati per lo sviluppo del prototipo sono stati: *Arboblend*, biopolimero composto da lignina, prodotto dalla tedesca **Tecnaro** (impiegato già nel 2013 nell'installazione Arboskin Pavillion dell'Università di Stoccarda) e *Ri-panel*, materiale derivante dagli scarti della lavorazione del riso (in particolare dalla pula) e non ancora testato per la termoformatura al momento dello studio effettuato dai laureandi. Come già anticipato sono state tre le aziende che hanno partecipato, a titolo volontario e gratuito, alla realizzazione di un modello in scala reale. Cms Industries SpA ha accettato di collaborare con la realizzazione della dima, tramite macchina Cnc, e della termoformatura del pannello. Adreani materie plastiche SpA, rivenditore italiano di *Ri-panel*, ha deciso di collaborare spontaneamente fornendo numerosi pannelli necessari sia nella fase di testing, per la valutazione della risposta del materiale, che per il prototipo finale. Lilli Systems, anch'essa molto interessata alla sperimentazione, ha elargito invece consulenza sulla tipologia di sottostruttura da adottare (in sistemi di rivestimento di tipo complesso) e fornito il sistema di giunto per la simulazione dell'assemblaggio.

«Per l'ottenimento del risultato finale – aggiunge e conclude Davide Morra – è stato necessario un lungo processo di testing sul materiale, che ha interessato circa 30 lastre, gestito tramite un coordinamento trasversale dei diversi ambiti e che ci ha permesso di creare un network complementare di competenze». Il processo di prototipazione ha così portato alla realizzazione di un pannello opaco della dimensione finita di 160x80 cm, coe-



I pannelli multiformi possono essere forati in relazione ad esigenze funzionali o a particolari condizioni ambientali, con geometrie di foratura customizzabili; anche questo processo è automatizzato e consente di ridurre drasticamente il range di errore

rentemente con i requisiti di trasportabilità, manutenibilità e sostituzione dei sistemi di involucro, la cui forma testa la deformabilità del materiale e un possibile esito dell'interpolazione computazionale. L'esito finale si concretizza dunque in una porzione di componente, unitamente a un elemento di giunzione in scala reale, che ha subito una foratura successiva alla termoformatura, e che rappresenta un possibile utilizzo come frangisole o come rivestimento retroilluminato. Il risultato globale dell'elaborazione metodologica rappresenta un traguardo incoraggiante per lo sviluppo di questo processo che può avvalersi della sperimentazione presentata in questa tesi. Una ricerca innovativa nata dalla trasposizione di tecniche di diversi settori, sistematizzata per gli involucri architettonici e che oggi consente la produzione di lastre come quelle oggetto di prototipazione, con la possibile integrazione di altri materiali e tecniche termoplastiche.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

