

# Quando il fotovoltaico si sostituisce ai materiali da costruzione

di Andrea Suma

L'adozione sempre più diffusa del fotovoltaico in architettura risponde a una precisa emergenza ambientale: infatti il fabbisogno energetico degli edifici costituisce quasi il 40% dei consumi energetici mondiali. Tuttavia la loro integrazione sistematica in edilizia è ancora lontana a causa del loro impatto estetico invalidante e dei costi elevati.

Di conseguenza i ricercatori si sono posti una duplice sfida: creare moduli fotovoltaici che siano efficienti ed esteticamente piacevoli, da un lato, e contenere i costi, dall'altro. Sono stati proprio questi propositi a spingerli a concepire la tecnologia fotovoltaica non più come un elemento aggiuntivo, ma come un sistema integrato nel manufatto architettonico. Il fotovoltaico può dunque assurgere a rimpiazzo per materiali da costruzione convenzionali, come coperture e facciate.

Un recente esempio di altissimo profilo ci è dato dalle tegole solari Tesla, che assomigliano in tutto alle tradizionali tegole non fotovoltaiche di una comune copertura. L'obiettivo di Elon Musk con questo prodotto di punta, entrato in produzione lo scorso anno, è stato quello di creare un interessante tecnologia fotovoltaica del tetto, declinata in una vasta gamma di stili

architettonici. Le tegole sono state prodotte in vetro temperato, con una pellicola colorata e alette microscopiche che consentono alla luce di passare attraverso le celle solari prodotte da Panasonic. Secondo l'azienda, questo tipo di vetro è ad altissime prestazioni, registrando dei valori di resistenza pari a quelli dell'acciaio.

Tesla non è l'unica azienda che canalizza i propri sforzi in questo senso. Le novità più recenti nel campo della bioedilizia segnalano che il calcestruzzo che genera energia elettrica potrebbe svolgere un ruolo sempre più importante nel futuro delle costruzioni. Due casi in particolare si sono distinti grazie ai loro contributi dati a questo tema. Nel novembre 2017, LafargeHolcim e Heliatek hanno presentato, alla fiera francese delle costruzioni Batimat, un prototipo per un nuovo sistema di facciata in calcestruzzo fotovoltaico. LafargeHolcim, oltre a essere il più grande cementificio al mondo, è un'azienda svizzera che produce materiali da costruzione, mentre Heliatek è un'azienda tedesca leader nel settore del fotovoltaico. Unendo i loro due settori di competenza, diversi ma complementari, LafargeHolcim e Heliatek hanno creato una nuova tipologia di facciata composta da pannelli di cemento con un'incredibile potenziale:





questi sono infatti in grado di raddoppiare lo stoccaggio di energia rispetto alle tradizionali tecnologie fotovoltaiche installate sulle coperture. Nello specifico, il nuovo sistema combina i pannelli in cemento Ductal di LafargeHolcim con il film solare leggero ed estremamente sottile di Heliatek chiamato HeliaFilm.

Con questa nuova soluzione, i pannelli Ductal prefabbricati possono essere consegnati in loco con un sistema integrato di generazione di energia solare. Secondo LafargeHolcim, "Con una produzione di anidride carbonica sull'intero ciclo di vita quasi cinque volte inferiore al tradizionale fotovoltaico cristallino, l'HeliaFilm è la soluzione fotovoltaica più ecologica al mondo". Si pensi che, se applicati sul 60% della superficie della facciata di un tipico edificio commerciale di dieci piani, questi pannelli potrebbero generare circa il 30% del fabbisogno energetico annuale.

Con questo sistema avanzato, i produttori sperano di poter permettere ai progettisti di mitigare i costi di efficientamento energetico degli edifici, godendo di una soluzione di rivestimento leggera, a bassa manutenzione e di lunga durata. Un'altra prova virtuosa ci viene data dai ricercatori del Block Research Group del Politecnico federale di Zurigo, che hanno sviluppato una struttura in calcestruzzo fotovoltaico ultrasottile, autoportante e con molteplici livelli di funzionalità. Oltre alla semplice generazione di energia, questa struttura incredibilmente sinuosa offre proprietà di regolazione termica, isolamento e impermeabilità.

Si tratta di un progetto chiaramente dimostrativo, che mira a testare il contributo dell'ingegnerizzazione nel settore delle costruzioni, abbinando a una copertura voltata in calcestruzzo, di ridotto spessore, la possibilità di essere termicamente attiva e generatrice di energia al contempo. Infatti, tale sistema voltato a guscio diverrà la chiusura orizzontale della soluzione abitativa denominata HiLo, duplex di dimensioni 16x9m la cui costruzione è stata programmata prossimamente a Dübendorf, comune del Canton Zurigo in Svizzera.

Il tetto a guscio autoportante a doppia curvatura presenta più strati: le serpentine di riscaldamento, quelle di raffreddamento e l'isolamento termico sono installati sopra uno strato di calcestruzzo interno. Facendo eco al lavoro di LafargeHolcim e Heliatek, un secondo strato esterno in calcestruzzo, su cui sono installate le celle fotovoltaiche disposte su un film sottile, chiude il sandwich del tetto. Alla fine, grazie alla tecnologia e a una facciata solare adattiva, si prevede che l'unità residenziale generi più energia di quanta ne consumi.

Questo prototipo, in scala 1:1, a doppia curvatura in calcestruzzo TRC, è stata ottenuto combinando le nuove possibilità offerte dalla modellazione parametrica, dalla computazionale, dalla robotica e dalle avanzate metodologie di fabbricazione. Sono stati utilizzati software come Grasshopper, a cui si sono aggiunti diversi altri plug-in, quali Karamba (per l'analisi strutturale e l'ottimizzazione degli spessori), Kangaroo (per un successivo affinamento del form-



finding) e Octopus (per l'ottimizzazione multi-obiettivo). Alta 7,5 m complessivi e con una superficie di 160 mq che copre un'area piana di 120 mq, tale superficie anticlastica è data da una parabola gaussiana a curvatura negativa, il cui calcestruzzo registra uno spessore medio di soli 5 cm.

Esso, infatti, varia dai 3 cm nelle aree prossime alle selle fino ad a giungere ai 12 cm nelle superfici prossime agli appoggi. Il processo costruttivo, la vera cifra innovativa di questo progetto, ha predisposto la quasi sostituzione integrale delle casseforme in legno, tradizionalmente usate per il contenimento dei getti in calcestruzzo, con un sistema di sospensione in cavetti d'acciaio. In una prima fase, 5 travi in legno lamellare a sezione rettangolare sono

state sagomate con l'ausilio di macchine CNC a controllo numerico, per poi essere posate in opera lungo il perimetro, mediante carpenteria metallica. Il sistema di cavi, regolabili e a bloccaggio rapido, è servito da supporto a un tessuto polimerico, quest'ultimo nuova cassaforma per il getto del calcestruzzo fibro-rinforzato in opera. I nodi sono stati progettati con l'obiettivo di garantire che il cavo avesse i necessari gradi di libertà alla costituzione della rete.

Ciò ha consentito anche all'area sottostante di essere relativamente sgombra da centine o puntelli, permettendo a eventuali altri lavori di poter procedere in maniera più disinvolta. Un ulteriore vantaggio è quello di poter eventualmente riutilizzare questa rete di cavi in opere tipologicamente differenti, grazie alla sua in-





credibile adattabilità. Essa, infatti, è in grado di offrire un controllo maggiore sulla forma, facilmente ottimizzabile al fine di migliorarne il comportamento strutturale rispetto alle geometrie tradizionali, come nelle strutture laminari in calcestruzzo generabili da un paraboloide iperbolico.

In particolare, i cavi in tensione di questo sistema sono stati progettati al fine di assumere la forma desiderata una volta sottoposti al peso del calcestruzzo bagnato, grazie a un preciso metodo di calcolo algoritmico sviluppato dal Block Research Group, il gruppo di ricerca guidato dal prof. Block, dal ricercatore senior Tom Van Mele e dal Centro Nazionale Ricerche (NCCR) per la fabbricazione digitale. Infatti, in collaborazione con il Laboratorio a Controllo

Automatico presso l'ETH, è stata implementato un algoritmo con lo scopo di determinare la tensione necessaria da applicare a ciascun cavo, il quale ha permesso, in un solo ciclo di controllo e di ri-tensionamento, di ridurre del 50% gli abbassamenti indesiderati con una media di 40 mm.

Tale sistema sospeso possedeva un peso proprio di 500 kg a cui si sono aggiunti altri 300 kg del tessuto polimerico; dunque, un totale di soli 800 kg sorreggeva circa 20 tonnellate complessive di calcestruzzo bagnato (24 kN/mc) e, come detto, rinforzato in fibre di carbonio. Quest'ultimo è stato spruzzato in opera avvalendosi di apposite lance, grazie a un metodo sviluppato ad hoc in grado di assicurare la tenuta del tessuto al di sotto del carico.

