

# LA TRASPARENZA E' SOSTENIBILE?

**G**li esempi di architettura sostenibile, pubblicati dai più importanti giornali di architettura e sulle riviste di settore, sono il mezzo migliore per diffondere la cultura della sostenibilità e produrre un processo di "copiatura" persino nel lontano settore dell'architettura quotidiana, rappresentata da un migliaio di più o meno sconosciuti professionisti, che sono gli attori reali dello sviluppo dell'edilizia.

Durante l'ultimo secolo, e specialmente negli ultimi decenni, il linguaggio architettonico ha conferito sempre più enfasi alla "luminosità" e alla "trasparenza" degli edifici, portando verso involucri completamente di vetro. Si può ricordare la breve storia dell'irresistibile ascesa degli involucri di vetro in architettura, riportando il problema nell'appropriato ambito culturale.

La domanda che ci si pone è quindi la seguente: fino a che punto gli edifici completamente di vetro, specialmente quelli progettati da architetti famosi che si dichiarano interessati alla protezione ambientale, sono veramente sostenibili? Non si tratta di una domanda di scarsa importanza, tenendo conto dei loro ruoli di modelli d'esempio della crescente cultura del progetto edilizio sostenibile.

L'efficienza delle tecnologie dell'involucro usate correntemente per le pareti e coperture completamente di vetro, sono tuttora in discussione, tenendo in considerazione la luminosità, il comfort termico e acustico e la diretta connes-

**L'involucro vetrato evoca immagini high tech e consumi contenuti. Ma quali sono le reali performance energetiche di questi edifici? Dati e riflessioni in controtendenza**

Federico M. Butera

sione con l'utilizzo energetico sulla base delle più recenti scoperte disponibili nella letteratura specializzata.

## Pareti in vetro

Quando è finita la Seconda Guerra Mondiale, gli architetti lavoravano in un contesto vitale e dinamico, ricco di turbinosi cambiamenti tecnologici, dove l'energia era praticamente gratuita, i sistemi HVAC sempre più efficienti ed era stato creato un nuovo processo per produrre un vetro più bello e meno costoso: il vetro float. Tutti questi fattori, insieme all'eredità culturale, hanno portato inevitabilmente a un ulteriore passo in avanti nella marcia verso il successo del vetro come materiale per ricoprire edifici commerciali, malgrado le sue performance termiche si rivelassero davvero scarse.

In seguito all'impennata del petrolio nel 1973, è avvenuto un cambiamento di atteggiamento nei

confronti degli sprechi di energia e sono stati approvati nuovi regolamenti tesi alla conservazione dell'energia.

L'industria del vetro era pronta a reagire: non solo era disponibile vetro float colorato o riflettente, ma anche vetrate doppie o triple. Alcuni anni dopo, sarebbe stato sviluppato il vetro temperato a bassa emissione.

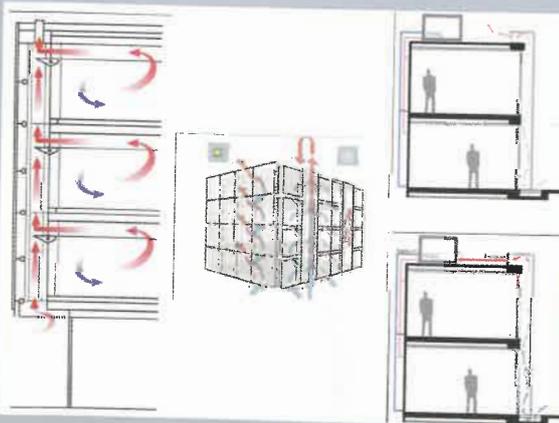
Così, la marcia trionfale degli involucri di vetro non è stata minimamente influenzata dai problemi legati all'energia, né dalla legge, né dalla cul-

## Pretese di sostenibilità

Specialmente se progettati da grandi architetti, gli edifici *sostenibili* diventano i precursori, gli archetipi di una nuova generazione di "pretesi" edifici sostenibili, copiati da migliaia di migliaia di meno conosciuti ma ancora più attivi architetti nel mondo.

I danni ambientali diventano quindi tutt'altro che trascurabili.

Spesso, vi sono schizzi colorati con frecce rosse e blu che mostrano i movimenti dell'aria, a volte movimenti davvero complessi e improbabili.



## Architetti verdi e riviste di moda: chi crea l'equivoco?

Sempre più spesso, nelle riviste di architettura vengono presentati architetti "verdi" o "edifici sostenibili", sia residenziali sia commerciali: molti di questi ultimi sono edifici completamente di vetro (a singola o doppia pelle), il cui problema principale è la ventilazione. Nella maggioranza dei casi, un lettore curioso che approfondisce l'articolo non riesce a trovare alcuna testimonianza concreta che l'edificio sia sostenibile, tranne alcune nuove tecnologie utilizzate nel sistema HVAC o per il riciclo dell'acqua. Può trovare splendide fotografie di un edificio vuoto, con le tende sollevate o abbassate in modo da creare un disegno piacevole sulla facciata e così via, ma troverà davvero pochi o addirittura nessun dato che permetta di valutare il successo del progetto, vale a dire le performance operative. **Spesso, vi sono schizzi colorati con frecce rosse e blu che mostrano i movimenti dell'aria, a volte movimenti davvero complessi e improbabili: forse questi architetti verdi pensano che la fisica debba obbedire ai voleri dell'architettura, forse sono convinti che così come il disegno di una trave o di una finestra viene poi trasformato in trave o finestra vera e propria (questo è il senso dell'elaborato progettuale), anche i disegni dei movimenti dell'aria**

tura. Cosa non va in questo? Non ci sono dubbi che l'architettura in vetro sia luminosa e trasparente in senso architettonico. Il fatto è che effettivamente è luminosa e trasparente anche in senso fisico e influenza sia le perdite e gli acquisti termici, sia l'inerzia termica. Ma non è questo l'unico problema. Proviamo ad analizzare com'erano e come sono usati questi involucri completamente di vetro, e i loro effetti sul consumo energetico e sul comfort.

### Il vetro colorato

Poiché parte dello spettro solare viene assorbito, nei giorni estivi particolarmente soleggiati, il vetro si riscalda fino a 30-40° C, e i raggi infrarossi emessi rendono l'ambiente circostante sgradevole. D'altro canto, durante le giornate nuvolose o durante la notte, in inverno, il vetro è freddo, e per questa ragione tutta la zona vicina alla superficie vetrata non è confortevole. In molti casi, questo effetto indesiderato viene ridotto o eliminato soffiando un getto di aria fredda (in estate) o di aria calda (in inverno) parallelamente alla superficie del vetro, la cui temperatura diventa più simile a quella dell'aria nelle stanze. In questo modo, il comfort subisce un miglioramento, ma provoca un grosso spreco di calore. Esiste un altro inconveniente ambientale che deriva dall'uso di facciate di vetro colorato, specialmente se si tratta di blu-verde, il colore preferito e maggiormente utilizzato dagli architetti.

L'inconveniente si manifesta in modo evidente guardando questi edifici: sia in estate sia in inverno, anche se il sole brilla e sono investiti da un abbondante flusso di luce naturale, all'interno

costringeranno magicamente l'aria stessa a fare quanto ci si aspetta [Croce S. (2003)].

Purtroppo la maggioranza di tali architetture "sostenibili" "si rivelano essere più una favola illustrata che una realtà comprovata" [Filippi M. (2003)].

In poche parole, sembrano frasi pubblicitarie, slogan, dove l'apparenza è tutto e ciò che viene comunicato è più importante di quello che viene fatto in realtà, e "verde" e "sostenibile" sono etichette di moda che conferiscono valore aggiunto a un edificio.

Il numero di edifici "pretesi" sostenibili, che meritano (od ottengono) di essere pubblicati nelle riviste di architettura e che sono realmente stati costruiti sono davvero pochi, e rappresentano un frazione infinitesimale del settore edile. Quindi, perché preoccuparsene? Il problema risiede nel fatto che, specialmente se progettati da grandi architetti, tali edifici diventano i precursori, gli archetipi di una nuova generazione di "pretesi" edifici sostenibili, copiati da migliaia di migliaia di meno conosciuti ma ancora più attivi architetti nel mondo. I danni ambientali diventano quindi tutt'altro che trascurabili. Infatti, gli edifici completamente di vetro sono il tipo più pericoloso dal punto di vista della copia ottusa e acritica: sono

le luci sono sempre accese. La ragione è che anche se il livello di illuminazione degli uffici raggiunge od oltrepassa i valori richiesti, la luce proveniente dalle finestre è troppo "fredda" (cioè ha una temperatura di colore troppo alta), a causa del colore del vetro e, come è ben noto da più di 60 anni, gli occupanti percepiscono la luminosità dell'ambiente come fastidiosa; con il risultato che accendono la luce artificiale, più calda, che compensa la luce fredda naturale, con conseguente maggiore spreco di energia.

### Vetro trasparente

Il vetro trasparente è meglio? Durante l'inverno si comporta esattamente come il vetro colorato, quindi è spesso necessario un soffio di aria calda sulla superficie del vetro, mentre il riscaldamento del vetro durante l'estate è meno critico rispetto ai vetri colorati, ma comunque significativo.

Tuttavia, il problema reale di una parete di vetro trasparente è l'abbagliamento. Il beneficio di un'apertura grande che lasci entrare un flusso di luce naturale viene totalmente cancellato dall'effetto di abbagliamento sul comportamento degli occupanti che riescono a ripristinare il comfort visivo solo oscurando la superficie del vetro con tende, veneziane o qualsiasi altro articolo disponibile. La battaglia per la sopravvivenza degli sfortunati occupanti si esprime chiaramente in innumerevoli edifici di famosi architetti, come Oscar Niemeyer o Mies van der Rohe.

Il risultato finale sul bilancio energetico dell'edificio è facilmente intuibile: grandi perdite di calore attraverso la facciata, apporti di calore incontrollabili durante l'inverno e in estate (le tende

già difficilmente sostenibili anche se progettati bene, ma lo diventano del tutto se progettati male. Un altro pericolo – con un devastante potenziale di spreco energetico e di emissioni di CO<sub>2</sub> che potrebbe essere temperato solo da appropriati regolamenti edilizi – viene dalla estensione acritica del concetto "tutto di vetro" dagli edifici del terziario a quelli residenziali. Le Ferrari sono splendide automobili, in perfetto equilibrio tra tecnologia all'avanguardia e bellezza, ma non sono mai state vendute come auto ecologiche. Lo stesso concetto dovrebbe essere applicato agli edifici completamente di vetro: alcuni di essi sono eccezionali dal punto di vista della bellezza e dell'innovazione tecnologica, sono le Ferrari dell'architettura moderna. Ma per favore, non spacciamoli per edifici sostenibili.

È la stessa professione a suggerire un comportamento etico. All'architettura è richiesto un contributo alla sostenibilità sociale ed ambientale, che obbliga gli architetti ad assumersi responsabilità che vanno oltre i limiti di prese di posizione individuali. Lo stato e il potere della professione si sono deteriorati sotto il peso della pressione commerciale [Rogers R. (1997)].

Molto bello, ma gli architetti parlano con i loro edifici e non con le parole.

interne, anche se bianche, assorbono energia solare che viene trasferita alla stanza) e le luci sono sempre accese. La differenza è minima da punto di vista ambientale per l'involucro di un edificio di vetro colorato.

Per stemperare questo effetto indesiderato, in tempi più recenti, alcuni importanti architetti usano proteggere le grandi pareti di vetro con tende frangisole esterne, come per la sede del Sole 24 Ore a Milano progettata da Renzo Piano. Sarebbe una buona idea ma, sfortunatamente, a causa dell'abbagliamento anche la luce e la visione esterna risultano tagliate fuori, e la luce artificiale deve restare sempre accesa.

La parete di vetro non era stata pensata per permettere alla luce naturale di entrare e, nel contempo, un'ampia visione del panorama esterno?

### Sistema di facciata a doppia pelle

La facciata a doppia pelle è costituita essenzialmente da due involucri ("pelli") separate da un'intercapedine d'aria. Spesso sui due strati vengono collocati dispositivi frangisole.

Uno dei tipi più comuni di facciata a doppia pelle consiste in una pelle principale a doppio vetro isolante con una seconda pelle a vetro singolo collocata all'esterno (o viceversa). Lo spazio d'aria tra i due strati di vetro diventa parte del sistema HVAC. L'aria riscaldata usata tra gli strati di vetro viene estratta attraverso la cavità tramite ventole e, in questo modo, tempera lo strato interno del vetro, mentre quello esterno riduce le perdite dovute alla trasmissione del calore. I dispositivi frangisole vengono montati

## Pareti in vetro: scheda della non sostenibilità

| Tipo di vetro     | Comportamento termico  | Bilancio energetico  | Luminosità  | Bilancio energetico   |
|-------------------|--|--|---|---|
| Vetro colorato    | Estate: il vetro e la zona circostante si riscaldano fino a 40°C. Si diffonde aria fredda // alla superficie del vetro. Inverno: il vetro e la zona circostante sono molto freddi. Si diffonde aria calda // alla superficie del vetro | Spreco di energia per migliorare il comfort e rendere la temperatura in queste zone più simile a quella dei locali | Soprattutto con vetro blu-verde: temperatura di colore troppo alta, la luce naturale viene percepita troppo fredda, fastidiosa e si accende la luce artificiale | Spreco di energia per l'uso di luce artificiale in momenti della giornata in cui non sarebbe necessario |
| Vetro trasparente | In inverno si comporta come il vetro colorato  | In inverno spreco di energia per migliorare il comfort   | Abbagliamento. In estate gli schermi oscuranti sempre abbassati determinano la necessità di utilizzare la luce artificiale                                      | Spreco di energia per l'uso di luce artificiale in momenti della giornata in cui non sarebbe necessario |

all'interno della cavità. Le finestre della facciata interna possono essere aperte di tanto in tanto, mentre delle aperture per la ventilazione nella pelle esterna moderano gli estremi di temperatura all'interno della facciata.

Questo tipo di involucro sta diventando sempre più conosciuto, specialmente in Europa, grazie anche all'effetto imitazione che deriva dal fatto che è stato adottato per alcune pietre miliari della più moderna architettura, come il Roger's Lloyds's Building a Londra e il Norman Foster's Business Promotion Centre a Duisburg in Germania.

Paragonata alle pareti di vetro, i vantaggi più evidenti degli involucri a doppia pelle sono: un grande risparmio energetico, un eccellente comfort termico e un ottimo isolamento acustico, ventilazione naturale e impatto ambientale limitato, pur mantenendo il valore architettonico di un involucro luminoso e trasparente. Il problema

## Sopravvivere agli edifici sostenibili

L'efficienza delle tecnologie dell'involucro usate correntemente per le pareti e coperture completamente di vetro, sono tuttora in discussione, tenendo in considerazione la luminosità, il comfort termico e acustico e la diretta connessione con l'utilizzo energetico.

Si possono trovare splendide fotografie di un edificio vuoto, con le tende sollevate o abbassate in modo da creare un disegno piacevole sulla facciata e così via, ma troverà davvero pochi o addirittura nessun dato che permetta di valutare il successo del progetto, vale a dire le performance operative.



## L'involucro secondo Arup

### Design them out

L'immaginario collettivo dei progettisti collega il nome di Arup a grandi involucri vetriati, però..

Ne parla Gabriele del Mese di Arup Italia

Nulla di più sbagliato di collegare tout court la nostra immagine e la nostra filosofia progettuale a grandi involucri vetriati, anche se ne abbiamo progettati tanti e di grande rilievo. In realtà spesso il progettista italiano si avvicina a noi come se potessimo/volessimo forzare le regole di buona progettazione, quindi di progettazione a basso impatto energetico, di attenta valutazione del rapporto costi/benefici. In questo senso condivido molte delle opinioni espresse da Federico Butera. Il nostro approccio, anzi, prevede il design them out, nel senso di prevedere e scartare gli elementi negativi, di "progettare" l'eliminazione di componenti e dettagli che possono creare problemi vari. Quindi cautela e pochi facili entusiasmi.

E' ovvio che l'architettura, quella innovativa in particolare, comunque comporta dei lati negativi che vanno ottimizzati a fronte di altri elementi positivi, performanti: la facciata, l'involucro deve "trasudare" dall'interno, deve essere il risultato di un processo complesso di progettazione.



risiede nel fatto che gran parte di questi vantaggi sono controversi, a volte persino in conflitto l'uno con l'altro e, in ogni caso, carenti di documentazione scientifica [Selkowitz S.E. (2001), Harrison, K. (2003), Pirazis H. (2004)]. Prendiamoli in esame uno per uno.

### Il risparmio energetico

Non vi è alcun dubbio che durante le ore di sole in inverno, l'aria esausta venga riscaldata quando passa attraverso la cavità, se le tende sono abbassate (e devono essere abbassate per prevenire l'abbagliamento). Ed è altrettanto evidente che non vi sia alcun vantaggio energetico durante le ore senza sole: in questo caso, l'aria esausta si raffredda e l'energia recuperata nel sistema HVAC è inferiore a quella recuperabile. Ma questa inefficienza è necessaria per mantenere il grande vetro interno a una temperatura ragionevole per il comfort termico.

La scarsa performance di una facciata a doppia pelle durante l'inverno è stata valutata in un edificio a Torino [Perino M., Serra V. (2004)]. Misurazioni a lungo termine hanno dimostrato

che l'efficienza del preriscaldamento era inferiore del 50% per la maggior parte del tempo e che, comunque, la trasmittanza tecnica, equivalente della doppia pelle (2,0 W/m<sup>2</sup> K), risultava inferiore a quella tradizionale del doppio vetro basso emissivo. Questo risultato non è né sorprendente né unico: nelle migliori condizioni, per esempio, con aria stagnante nella cavità, quando un singolo strato di vetro viene aggiunto a un doppio vetro a bassa emissione in una facciata a doppia pelle, la riduzione di perdita di calore espressa dal coefficiente di trasmittanza termica è modesta (< 20%) [Oesterle e al. (2001)].

D'altra parte, d'estate l'energia solare assorbita dalle tende abbassate viene estratta dal flusso d'aria, che diventa più calda, aumentando in questo modo il guadagno indiretto. In altre parole, un metodo piuttosto inefficiente rispetto alla protezione dall'energia che penetra l'edificio attraverso dispositivi frangisole esterni [IEA (200)]. Queste considerazioni abbastanza ovvie vengono confermate dalle misurazioni effettuate in estate negli edifici a doppia pelle sopramen-

zionati, a Torino. In una tipica giornata soleggiata estiva, alle tre del pomeriggio, la temperatura dell'aria nello spazio tra le tende e il vetro interno raggiunge i 32° C, mentre la temperatura del vetro è di circa 38° C, a causa dei raggi infrarossi emessi dalle tende a 52° C. L'effetto d'insieme è una significativa immissione di calore attraverso il vetro interno, maggiore di quella in una facciata a vetro singolo protetta da tende frangisole esterne.

A tutto ciò, bisogna aggiungere che lo spreco di energia derivante dall'uso della luce artificiale persino nelle giornate più luminose, come risultato di esigenze psicologiche (eliminare l'abbagliamento) e aspetti comportamentali (tende abbassate tutto il tempo dagli occupanti, come si è visto durante tutte le campagne di misurazione a Torino, ed è d'altronde il comportamento di tutti gli occupanti di edifici di vetro).

Lo stesso problema che si riscontra nelle facciate di vetro con singola pelle.

**Comfort**

Per quanto riguarda il comfort termico, i sistemi di facciata a doppia pelle hanno indubbiamente un'ottima resa durante l'inverno, poiché il vetro interno è più caldo di quanto non lo sarebbe stato senza l'esterno. Ma durante l'estate potrebbe verificarsi l'opposto, quando l'elevata temperatura del vetro rischia di risultare fastidiosa, specialmente per coloro vicino alle superfici del vetro, come documentato per l'edificio a Torino e, non ufficialmente, ammesso per altri edifici a doppia pelle.

Inoltre, le performance acustiche devono essere valutate con attenzione, in quanto, senza dubbio, la seconda pelle costituisce un buono schermo contro il rumore proveniente dall'esterno, ma resta altresì evidente che durante i periodi in cui viene utilizzata la ventilazione naturale, e le finestre della pelle interna sono aperte, la trasmissione del rumore da stanza a stanza e da piano a piano è amplificata dalla cavità [IEA (2000)]. Uno dei vantaggi principali che vengono attribuiti al sistema di facciata a doppia pelle è quello di permettere l'impiego sia della ventilazione naturale sia di quella meccanica. Questa possibilità potrebbe avere un certo impatto sul risparmio energetico durante le mezze stagioni, e in estate nei climi dove la temperatura dell'aria esterna si mantiene inferiore ai 26° C per la maggior parte del tempo, permettendo l'estra-

**Gli ... insostenibili**

Gli edifici completamente di vetro sono il tipo più pericoloso dal punto di vista della copia ottusa e acritica: sono già difficilmente sostenibili anche se progettati bene, ma lo diventano del tutto se progettati male. Un altro pericolo – con un devastante potenziale di spreco energetico e di emissioni di CO<sub>2</sub> che potrebbe essere temperato solo da appropriati regolamenti edilizi – viene dalla estensione acritica del concetto "tutto di vetro" dagli edifici del terziario a quelli residenziali.



zione del calore prodotto dai carichi interni e dal soleggiamento. Invece, nei climi con estati molto calde, il vantaggio della ventilazione naturale o forzata è trascurabile.

**Problemi cruciali**

Sono stati riscontrati altri inconvenienti correlati ai costi elevati di costruzione (due volte superiori a quelli delle pareti di vetro tradizionali in Europa e quattro volte negli USA [Lang W., Herzog T. (2000)]) e alla protezione dal fuoco, a causa della possibile trasmissione del fumo da stanza a stanza in caso di incendio, nonché della riduzione dello spazio utilizzabile negli uffici, a causa dello spessore della cavità, e ancora i costi aggiuntivi di manutenzione e operativi, fino all'aumento del peso dell'edificio [Poirazis H. (2004)]. I sistemi di facciata a doppia pelle costituiscono un tipo di innovazione complessa, caratterizzata da una

stretta interazione dinamica tra il sistema HVAC e il rivestimento dell'edificio. Per questa ragione, bisogna attuare un approccio olistico per avere successo con questo genere di edifici, una stretta collaborazione tra architetti e consulenti tecnici. Infatti, risulta molto difficile predire la resa di un sistema tanto complesso. Si devono sviluppare nuovi strumenti di simulazione e valutazione, spesso su misura, per uno specifico edificio, in grado di espletare dinamiche flessibili di simulazione nella cavità. È chiaro che questo genere di approccio è difficilmente compatibile con la richiesta del mercato attuale per i sistemi di facciata a doppia pelle. Un mercato composto da clienti molto facoltosi che vogliono punti di riferimento ben visibili e prestigiosi nel minor tempo possibile, un mercato, peraltro, sovraffollato da architetti famosi.

Segue a pagina 110

**Facciate a doppia pelle, non sostenibili**

| Fase climatica | Trasmissione termica =K  | Comfort termico  | Comfort acustico   | Illuminazione  | Altri aspetti  |
|----------------|--|--|--|--|--|
| Inverno        | K doppia pelle ≤ K del doppio vetro basso emissivo   | Buono  | Buono, la seconda pelle è una buona protezione per i rumori che provengono dall'esterno                                  | Luce artificiale persino nelle giornate più luminose, tende abbassate tutto il tempo (per eliminare l'abbagliamento), sia per la doppia pelle sia per la singola pelle | Costo di costruzione: due volte superiori a quelli delle pareti di vetro tradizionali in Europa e quattro volte negli USA  |
| Estate         | Immissione di calore attraverso il vetro interno ≥ facciata a vetro singolo con tende frangisole esterne | L'elevata temperatura del vetro interno diventa fastidiosa | Ventilazione naturale, finestre della pelle interna aperte, il rumore si trasmette di locale in locale di piano in piano | Luce artificiale, tende abbassate tutto il tempo (per eliminare l'abbagliamento), sia per la doppia pelle sia per la singola pelle                                     | Protezione dal fuoco: possibile trasmissione del fumo da stanza a stanza in caso di incendio<br>Distribuzione spazi: riduzione dello spazio utilizzabile negli uffici, a causa dello spessore della cavità<br>Manutenzione: costi aggiuntivi |