

## L'involucro edilizio/1



Arch. Francesco Giovine, studio ABeC, esperto facade-engineering

# Nascita ed evoluzione dell'involucro

Oggi l'involucro edilizio rappresenta uno dei sub-sistemi più importanti di un edificio e ad esso, di conseguenza, viene rivolta grandissima attenzione da parte dei progettisti. Prima parte.

L'involucro sempre più spesso diviene l'emblema di una determinata architettura o di un particolare progettista, attraverso forme sempre più articolate e complesse. Oppure, grazie alle tecnologie più innovative, può diventare uno strumento di comunicazione. Inoltre essendo l'interfac-

cia tra spazio interno ed esterno gioca un ruolo fondamentale nel bilancio energetico dell'edificio, quindi un'attenta e consapevole progettazione si riflette nella sostenibilità ambientale, nonché sui costi di gestione (fig. 1).

Tutto questo fa dell'ingegneria dell'involu-

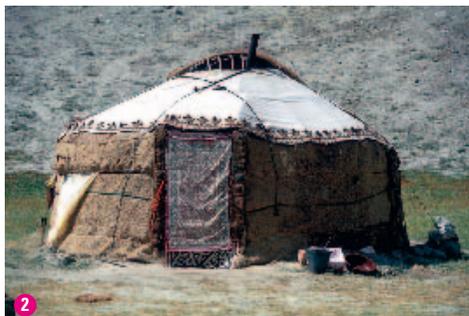
la centralità del carattere esplorativo dell'attività progettuale, o almeno così dovrebbe essere se l'obiettivo ultimo è la qualità architettonica ovvero la costruzione di un edificio che soddisfi i requisiti desiderati, funzionale e confortevole, per la cui realizzazione non si debba stravolgere l'idea



1. BMW Welt, Coop Himmelb(l)au, Monaco di Baviera (2007): a. vista esterna (sopra); b. vista interna del twister (sotto).

cro un campo aperto alla sperimentazione, cosa che non può non avere conseguenze sui processi progettuali e sulle relazioni che intercorrono tra i vari attori coinvolti. Al contrario si potrebbe dire che ciò ha rivoluzionato il tradizionale approccio progettuale portando ad un ripensamento della filiera idea-progetto-cantiere basata sul concetto di ingegnerizzazione, per riproporre invece

originaria. Per capire come si è giunti sino alla caratterizzazione attuale di questo componente edile, è opportuno ripercorrere le tappe fondamentali della sua evoluzione, premettendo sin da ora che queste sono strettamente legate all'evoluzione delle tecniche costruttive e di conseguenza ai materiali da costruzione disponibili in loco, nonché al contesto culturale.



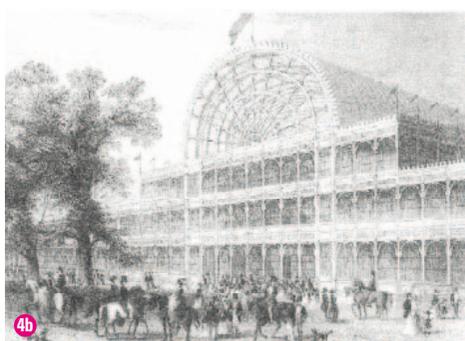
2



3



4a



4b



5

2. Rappresentazione di una tipica Yurta mongola:

a. vista esterna (sinistra);  
b. vista interna (destra).

3. Cattedrale di Chartres (metà del XII secolo c., ma prevalentemente dopo il 1194): interno della navata.

4. Palazzo di Cristallo, Joseph Paxton, Londra (1851): a. vista esterna; b. vista interna

5. Galleria Vittorio Emanuele II, Giuseppe Mengoni, Milano (progettata nel 1861; realizzata nel 1865-1878)

## La necessità di un riparo

I primi edifici nascono principalmente in risposta al bisogno dell'uomo di proteggersi dalle intemperie e di difendersi dal pericolo rappresentato dagli animali più feroci, ma anche per la delimitazione della sfera privata (fig. 2).

Si tratta delle tende, molto spesso a pianta circolare, caratteristiche di molti popoli nomadi. In queste costruzioni la funzione portante è affidata generalmente ad una struttura lignea, mentre quella di chiusura è di solito realizzata attraverso pelli animali e tessuti.

Con il passaggio ad una società di tipo sedentario, legata all'agricoltura, la necessità di costruire dimore durevoli nel tempo porta l'uomo a spostare la propria attenzione verso

nuovi materiali e nuove tecniche. Si iniziano ad utilizzare oltre al legno, anche l'argilla e la pietra. In questi nuovi edifici, proprio a causa delle pratiche costruttive adottate, si perde la separazione tra la funzione strutturale e quella di tamponamento. Per molteplici motivi, le aperture hanno dimensioni ridotte. In primo luogo c'è l'effettiva difficoltà di creare ampie finestre in architetture edificate con queste tecniche, in secondo luogo una minore estensione delle aperture garantisce una migliore protezione dagli agenti esterni. Va poi osservato che, essendo il vetro un materiale molto costoso, chiusure vetrate per le finestre vengono impiegate rarissimamente fino al Medioevo, di conseguenza limitare le aperture significa ridurre le dispersioni energetiche. Infine, dato che le ore di luce sono sfruttate per lavorare e che l'attività lavorativa si svolge prevalentemente al di fuori delle abitazioni, non si ha il bisogno di illuminare gli spazi interni.

Quasi mai però queste finestre rimangono dei semplici buchi. Esiste sempre un passaggio graduale tra ambiente esterno ed interno, realizzato attraverso l'interposizione di una serie di elementi come fioriere, tende, persiane e ante di legno che, oltre

a fungere da filtro hanno spesso anche un carattere ornamentale. In effetti fin dall'antichità viene prestata particolare attenzione alla decorazione delle case d'abitazione, ma anche - e soprattutto - degli edifici pubblici e rappresentativi, allo scopo di renderli immediatamente riconoscibili e di affermarne l'importanza.

## La smaterializzazione della facciata

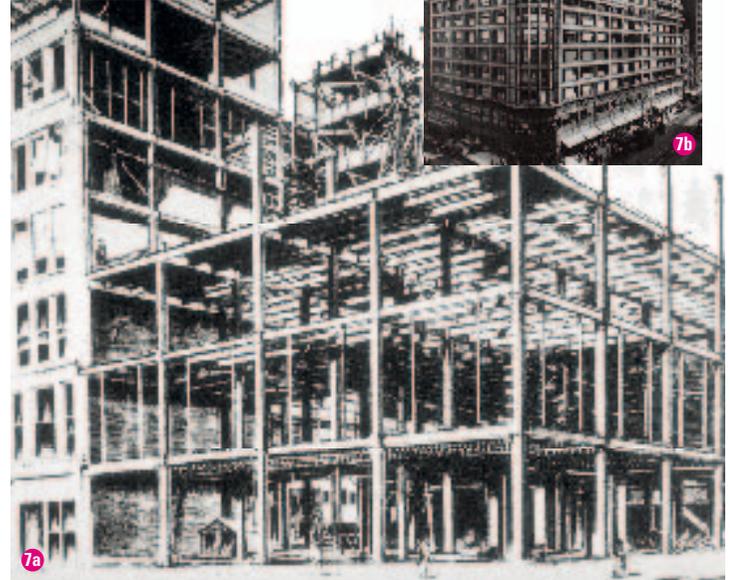
I primi impieghi massicci del vetro come elemento di chiusura di estese aperture si osservano nell'architettura delle cattedrali gotiche, il cui caratteristico sistema strutturale fatto di pilastri, volte nervate ed archi rampanti consente di liberare gran parte delle pareti perimetrali dalla loro funzione portante e, di conseguenza, l'eliminazione di grandi porzioni di muratura (fig. 3).

L'impiego del vetro per il tamponamento delle finestrate - reso possibile nonostante i costi dal carattere della costruzione - ha in questo caso una duplice funzione: da un lato i giochi creati di luce che, filtrando attraverso i vetri traslucidi e colorati si diffonde all'interno della chiesa, contribuisce a creare un'atmosfera di misticismo e spiritualità; dall'altro



6. Pennsylvania Station, McKim, Mead e White, New York (1902-1911): interno del concourse.

7. a. Fair Store, William Le Baron Jenny, Chicago (1891): vista del telaio d'acciaio, (a sinistra); b. Carson Pirie Scott Store, Luis Sullivan, Chicago (1899-1904).



grandi vetrate vogliono essere uno strumento di divulgazione del messaggio divino attraverso le vicende su di esse rappresentate. Solo successivamente i tamponamenti vetrati si diffondono anche alle abitazioni che, soprattutto in risposta alle nuove esigenze borghesi, vedono anche crescere le dimensioni delle finestrate per aumentare l'illuminazione interna. Con il Rinascimento il tema architettonico dell'involucro edilizio si riduce sostanzialmente alla soluzione della facciata, fatta solo di corrette proporzioni tra vuoto e pieno, giusti allineamenti ed adeguati elementi decorativi.

### Acciaio e vetro: gli albori

È solo in seguito alla rivoluzione industriale ed all'avvento di materiali e tecnologie innovativi che si aprono nuove strade per l'architettura e l'ingegneria dell'involucro. Il ferro - prima la ghisa, poi il ferro battuto ed infine l'acciaio - fa la sua comparsa sulla scena edilizia alla fine del XVIII secolo quando il miglio-

ramento delle tecniche produttive industriali consente la produzione di grandi quantità di materiale con caratteristiche fino ad allora impensabili. In particolare si ha la possibilità sfruttare la resistenza alla trazione realizzando strutture a telaio, andando così a liberare sia la pianta che la facciata dell'edificio, la quale non assolvendo più alcuna funzione strutturale può smaterializzarsi.

Inizialmente il ferro viene utilizzato per la costruzione di edifici destinati ad attività produttive o commerciali allo scopo di ottenere ambienti il più possibile liberi da elementi portanti e di creare grandi aperture per il trasporto o l'esposizione delle merci anche ai piani inferiori. Altre costruzioni realizzate con strutture di questo genere sono le serre. Proprio a questa tipologia appartiene quella che si può ritenere la più grande architettura in ferro e vetro di tutto l'800: il Palazzo di Cristallo, realizzato da Joseph Paxton per l'Esposizione Universale di Londra del 1851 (fig. 4).

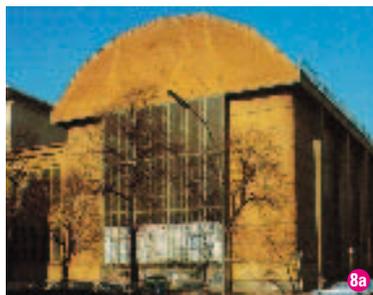
Si tratta di un edificio innovativo sotto ogni punto di vista - dalla concezione che prevede l'utilizzo di elementi modulari aggregabili, la cui produzione, fornitura e sistema di montaggio sono accuratamente studiati, fino all'effetto di ampiezza e leggerezza ottenuto - che ha subito contaminato altre tipologie come le coperture di stazioni ferroviarie o gallerie pedonali, progettate da ingegneri e

non architetti, come appunto Paxton. Queste costruzioni non sono infatti considerate architettura: in questi anni gli architetti continuano ancora ad occuparsi di ornamento delle facciate (fig. 5, 6).

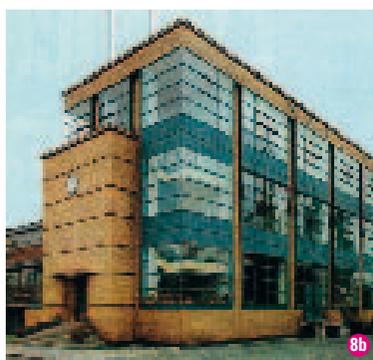
Alla fine del XIX secolo l'acciaio e il vetro risultano essere i materiali più idonei per la realizzazione dei grattacieli, nati negli USA in risposta all'incremento demografico urbano ed all'aumento dei prezzi dei terreni edificabili nei centri cittadini. Va detto che un contributo fondamentale allo sviluppo di questa tipologia edilizia viene anche da altre tecnologie innovative, come ad esempio quelle relative al trasporto verticale.

Tuttavia le strutture in acciaio presentano il problema di una bassa resistenza al fuoco, per cui i regolamenti edilizi vietano che esse possano essere lasciate a vista. Di conseguenza, almeno in un primo tempo, queste vengono mascherate nei modi più diversi utilizzando dei paramenti in muratura che fungono anche da tamponamento (fig. 7).

Il progressivo distacco della parete esterna dalle sue funzioni statiche ha come risultato la netta scissione tra struttura ed involucro. Tale separazione risulta del tutto evidente non appena ci si rende conto che avanzando il piano della facciata rispetto a quello dello scheletro portante, al quale viene poi appesa, essa risulta completamente libera e



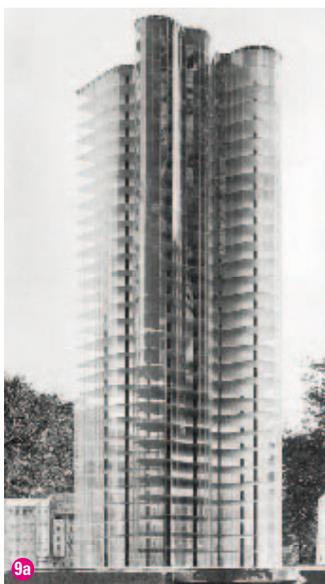
8a



8b



9b



9a

**8. a.** (sinistra) Fabbrica di turbine AEG, Peter Behrens, Berlino (1908-1909); **b.** (destra) Officine Fagus, Walter Gropius e Adolf Meyer, Alfeld (1911-1912).

**9. a.** (sinistra) Progetto per un Grattacielo in vetro, Ludwig Mies van der Rohe, Berlino (1922): modello; **b.** (destra) Villa Savoye, Le Corbusier, Poissy (1928-1931).

**10.** Seagram Building, Ludwig Mies van der Rohe, New York (1954-1958).



10

dunque può essere completamente vetrata. Si giunge quindi alla nascita del curtain wall. Anche in questo caso i primi esempi si ritrovano in edifici destinati all'attività produttiva. Tra i più celebri vanno certamente ricordate la Fabbrica di turbine AEG (1908-1909) di Peter Behrens e le Officine Fagus (1911-1925) in cui, eliminando i pilastri d'angolo, Walter Gropius conferisce alla facciata completamente vetrata un'incredibile leggerezza rendendo evidente come essa funga esclusivamente da tamponamento (fig. 8).

Il periodo successivo alla prima guerra mondiale vede però una generale stagnazione delle attività edilizie. Gli architetti dedicano la loro attenzione alla ricerca di un nuovo linguaggio che sostituisca quello classico, sfruttando le nuove possibilità offerte dall'industria, dalla tecnica e dai nuovi materiali.

Molto importanti, seppur per aspetti diversi, nello sviluppo degli involucri sono due movimenti culturali nati in questo periodo: l'Espressionismo (1905-1925) e il Movimento Moderno (anni '20 e '30). Nel primo caso, sotto l'influenza del libro *Architettura di Vetro* del poeta Paul Scheerbarth, alcuni architetti intraprendono grandi sperimentazioni con il vetro, ammirato non solo per la sua trasparenza, alla quale vengono attribuiti molteplici significati, ma anche per la sua luminosità e brillantezza e per i giochi di luce che esso

consente. A dir poco avveniristici e visionari per quest'epoca sono due progetti di grattacieli per Berlino (1921 e 1922) di Mies van der Rohe, il quale immagina due involucri completamente vetrati e trasparenti. In realtà Mies ha anche un altro scopo: egli è convinto che la struttura (in acciaio) vada mostrata e l'unico modo per farlo è utilizzare il vetro per il rivestimento (fig. 9).

Al Movimento Moderno invece si deve la ricerca della qualità abitativa. A tal fine risulta fondamentale, tra le altre cose, garantire all'abitazione il maggior ricambio d'aria e la maggior illuminazione naturale possibili. Questo requisito può essere soddisfatto attraverso l'utilizzo di facciate libere in cui sono inserite intere fasce finestrate, le cosiddette finestre a nastro. A questi architetti si devono anche i primi tentativi di porre un rimedio tecnico al problema del surriscaldamento interno che ben presto si manifesta in edifici dalle superfici vetrate così ampie, oltre che i primi passi compiuti sulla strada dell'industrializzazione nel mondo dell'edilizia.

### Lo sviluppo delle strutture vetrate

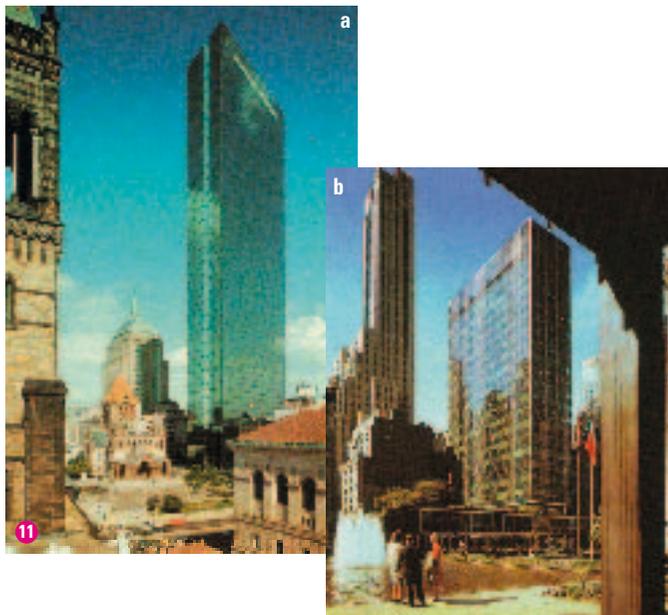
Anche in questo caso i fattori che portano l'architettura in vetro ad affermarsi definitivamente nel dopoguerra sono molteplici. In primo luogo c'è ancora lo sviluppo di nuovi materiali, per le guarnizioni prima e per il

fissaggio poi, ma soprattutto l'introduzione del procedimento float per la produzione di lastre di grandi dimensioni. È ancora una volta negli USA, dove l'elevato costo della manodopera porta ad indirizzarsi in maniera decisa sulla prefabbricazione, che nasce la facciata continua moderna. Le applicazioni di curtain wall ai grattacieli cominciano nei primi anni '50. Nuovamente un contributo fondamentale arriva da Mies Van der Rohe. Nel Seagram Building di New York (1958) perfeziona la soluzione già adottata nel 1951 per la Torre a Lake Shore Drive, portando i profili metallici esterni - puramente estetici - nel piano delle finestrate, le quali corrono ininterrotte da piano a piano, accentuando così la sensazione di verticalità.

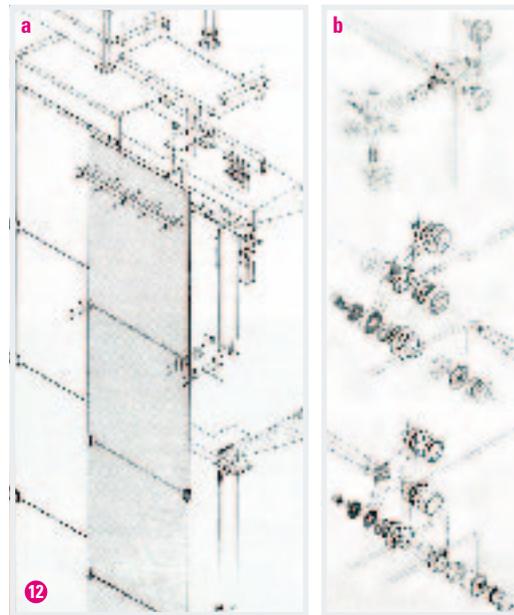
Ora la ricerca della qualità estetica di Mies passa anche attraverso la scelta dei materiali più adatti all'esecuzione di ciascun particolare. L'utilizzo di profili in bronzo e vetri di color marrone dorato rende l'edificio tutt'altro che trasparente. La distanza dai progetti dei grattacieli degli anni '20 è abissale. L'importante ora è ottenere un aspetto semplice. Quello che conta è il dettaglio, il linguaggio formale, non il luogo né la commessa (fig. 10).

Questo distacco dal contesto favorisce l'imitazione seriale in tutto il mondo, soprattutto in un'Europa che, per la necessità di ricostruzione, vive un'enorme boom edilizio, e

**11. a.** (sinistra) Skidmore, Owings and Merrill (SOM), Lever Building, New York (1951-1952); **b.** (destra) Ieoh Ming Pei e Associati, Hancock Tower, Boston (1969-1973).



**12. a.** (sinistra) Norman Foster, Edificio amministrativo Willis Faber e Dumas, Ipswich (1971-1975): sistema di appensione tra più lastre; **b.** (destra) RFR, evoluzione del sistema di fissaggio per punti.



dove le facciate vetrate iniziano a diventare lo status symbol di grandi aziende e città dall'economia fiorente. Tutto ciò avviene però a discapito della qualità che caratterizza il Seagram Building. Fino all'inizio degli anni '70 si assiste così ad un'enorme diffusione di curtain wall vetrate, anonimi a cui mancano però quella creatività e quell'eleganza che avevano contraddistinto le prime facciate di questo tipo. Si tratta nella maggior parte dei casi di strutture con montanti e traversi ancorati alla struttura primaria per reggere i carichi orizzontali, mentre facciate realizzate con elementi totalmente prefabbricati sono ancora rare. La funzione di tenuta viene progressivamente migliorata a partire dagli anni '50 e '60 con l'introduzione di guarnizioni profilate in neoprene, trasferendo in edilizia una tecnologia da tempo usata nel settore automobilistico. Negli stessi anni vengono anche realizzati i primi profili a taglio termico che insieme alla diffusione delle già note vetrate isolanti contribuiscono a migliorare la coibentazione dell'edificio.

La sperimentazione sulle guarnizioni sintetiche porta, verso la metà degli anni '60, all'introduzione dei cosiddetti siliceni strutturali che consentono l'incollaggio delle lastre ai telai metallici rendendo superfluo l'utilizzo di profili fermavetro esterni - fermo restando

l'obbligo di predisporre un supporto inferiore di sicurezza in caso di perdita di tenuta del collante - consentendo così di ottenere superfici completamente piatte. Questa tecnica, nota come Structural Silicone Glazing (SSG), si diffonde rapidamente, anche perché consente di rivestire allo stesso modo sia facciate che coperture, anche articolate. Tuttavia, raramente questi edifici sono davvero trasparenti a causa dell'utilizzo di vetri colorati e riflettenti per mascherare la struttura principale e gli annessi elementi tecnici. Anzi, spesso anche la visione dall'interno verso l'esterno è consentita solo da apposite finestrate (fig. 11).

Un altro problema rimasto a lungo irrisolto riguarda l'inserimento di elementi apribili in questo tipo di facciate, per cui il loro impiego è stato a lungo riservato ad edifici commerciali o per uffici, completamente climatizzati. Un'altra tecnica, le cui prime applicazioni risalgono ai primi anni '60 e che a partire dagli anni '80 riscuote un notevole successo, è quella delle vetrate appese per punti. In questo caso un primo notevole contributo arriva dall'architetto Norman Foster che, in collaborazione con il produttore di vetri Pilkington, mette a punto un sistema di appensione tra più lastre (Edificio amministrativo Willis, Faber e Dumas, Ipswich,

1971-1975) ed un sistema di fissaggio nel piano della lastra (Centro Renault, Swindon, 1983).

Fondamentale poi è lo sviluppo di questo sistema operato da Peter Rice, Martin Francis e Ian Ritchie (RFR) che per primi studiano per la trasmissione dei carichi orizzontali, una retro struttura fatta di cavi metallici in tensione (Serre del Museo della Scienza e della Tecnica, Parc de la Villette, Parigi, 1986). Interessante è il sistema di appensione delle lastre, che prevede l'utilizzo di molle d'acciaio nella parte superiore ma soprattutto elementi di fissaggio a quattro punti dotati di un giunto sferico per evitare l'insorgere di tensioni eccessive sulle singole lastre. Questo sistema viene sviluppato in altri progetti, in particolare l'elemento di fissaggio la cui originaria forma ad H deformabile si evolve in una X con i quattro bracci fissi e un unico giunto sferico centrale - rotule (fig. 12).

A causa dei limiti produttivi delle lastre, l'impiego di questa tecnica per vetrate isolanti rimane a lungo di scarso interesse. Uno dei primi esempi di rilievo è la Banque de l'Ouest et d'Armorique (1988-1990), sempre ad opera di RFR, per la quale tuttavia la realizzazione dei fori risulta ancora costosa.

(1 - continua)