



# Università degli Studi di Ferrara

## DOTTORATO DI RICERCA IN "Tecnologia dell'architettura"

CICLO XXIV

COORDINATORE Prof. Graziano Trippa

*Il ruolo dell'informazione nella diffusione e qualità d'impiego del vetro in architettura.  
Indagine sulla diffusione delle conoscenze tra gli attori della filiera*

Settore Scientifico Disciplinare **ICAR/12**

**Dottorando**

Dott. Raco Fabiana

---

(firma)

**Tutore**

Prof. Massarente Alessandro

---

(firma)

Anni 2009/2011



*tesi di dottorato di ricerca*

**Il ruolo dell'informazione nella diffusione  
e qualità d'impiego del vetro in architettura.**

Indagine sulla trasmissione delle conoscenze  
tra gli attori della filiera

dottoranda: Fabiana Raco

tutor: Alessandro Massarente





## **Abstract**

L'attuale complessità del progetto di architettura mostra come, all'iniziale esigenza di indagare il processo edilizio come processo di natura industriale, emerga oggi per il progettista la necessità di condividere le modalità e gli obiettivi delle trasformazioni attuate con i segmenti produttivi a monte e a valle del progetto stesso; produzione industriale e ciclo di fine vita dell'opera.

Il riconoscimento di tale esigenza ha permesso conseguentemente di individuare caratteristiche comuni all'interno del processo, quali la presenza di *flussi di energia e flussi di informazione*, attraverso le quali poter descrivere l'intera filiera.

Leggere le modifiche che tale approccio apporta alla fase di progettazione dell'opera è obiettivo di questa indagine. Individuare tali cambiamenti limitatamente ad una filiera di produzione come quella del vetro piano risulta perciò funzionale a trattare il rapporto tra parametri di complessità quali:

- gli alti livelli di standard produttivi;
- la quantità di materiali e componenti a disposizione del progettista;
- il numero di competenze specialistiche necessarie alla progettazione, realizzazione e talvolta gestione di un'architettura "di vetro";
- gli elevati costi che discendono sia dai livelli avanzati di innovazione della filiera di materiali e prodotti sia dalle successive fasi;
- gli elevati costi energetici che caratterizzano la filiera e spesso la gestione dell'opera.

All'interno di questo scenario la ricerca si propone come uno strumento di supporto decisionale per il progettista che si confronta con tale complessità.

## Indice

- 5        *Abstract***
- 10       **Capitolo 1****  
1.1 Campo d'indagine e obiettivi  
1.2 Stato dell'arte  
1.3 Il progetto d'architettura come processo industriale
- 13       **Capitolo 2****  
**Il complesso impiego del vetro in architettura:  
dall'artigianato, alla manifattura, alla tecnologia**  
2.1 Le origini dell'architettura del vetro: dalla Rivoluzione Industriale al XX secolo  
2.2 Il XX secolo e la prima industria del vetro: prefabbricazione in edilizia  
    2.2.1 Il rapporto con le strutture a telaio  
    2.2.2 Il ruolo di *Mies Van der Rohe* tra Europa e Stati Uniti d'America  
    2.2.3 Il ruolo di Richard Kelly, *designer* della luce  
    2.2.4 L'avvio della produzione industriale del vetro e le scienze applicate  
2.3 Lo sviluppo dell'industria del vetro: il secondo Novecento e la specializzazione dei saperi  
2.4 Verso la contemporanea industria del vetro: criteri di sostenibilità ambientale  
2.5 Limiti e fattori di diffusione della tecnologia del vetro
- 55       **Capitolo 3****  
**Tecnologia del vetro e progetto**  
3.1 Campi di impiego della tecnologia del vetro: requisiti e prestazioni  
    3.1.1 Il sistema ambientale esterno  
3.2 Tecnologie per il comfort degli ambienti interni: la permeabilità dei sistemi  
    3.2.1 Il sistema ambientale interno  
    3.2.2 Sistema ambientale interno e tecnologia del vetro  
    3.2.3 La permeabilità alla luce: il vetro tra luce naturale e artificiale  
    3.2.4 La permeabilità al calore: il vetro tra componente luminosa e termica  
    3.2.5 La permeabilità all'aria dei sistemi:  
        il vetro nelle tecnologie stratificate d' involucro

- 3.3 Il vetro nelle tecnologie solari
  - 3.3.1 Il vetro nei sistemi passivi
  - 3.3.2 Il vetro nei sistemi attivi

## 91 Schede progetto

*Hongkong and Shanghai Bank Headquarters*, Hong Kong, Cina  
*Institut du monde Arabe*, Parigi, Francia  
*Neue Messe*, Lipsia, Germania  
*Reichstag*, Nuova sede del Parlamento tedesco, Berlino, Germania  
*Kursaal*, San Sebastian, Spagna  
*Debis Tower*, Berlino, Germania  
*The Nelson-Atkins Museum*, Kansas City, Missouri, USA  
*30 St. Mary Axe*, Londra, Gran Bretagna  
*Thyssenkrupp Headquarters*, Essen, Germania  
*Elbphilharmonie*, Amburgo, Germania  
*Rolex Learning Center*, Losanna, Svizzera

## 137 Capitolo 4

### Le alternative al vetro

- 4.1 Le alternative al vetro: materiali compositi in tessuto o in lastre
  - 4.1.1 Percorsi progettuali a confronto: il ruolo dei produttori
- 4.2 Tessili polimerici e in fibra di vetro
  - 4.2.1 Film non tessuto in ETFE
  - 4.2.2 Tessuti in fibra di vetro, rivestiti PTFE
  - 4.2.3 Tessuti in fibra di vetro, spalmati in silicone
- 4.3 Materiali polimerici in lastre

## 157 Capitolo 5

### Le risorse e i limiti della tecnologia: fattori che influenzano la costruzione e la gestione in suo

- 5.1 Il progetto della tecnologia del vetro
  - 5.1.1 Il *parametro* della struttura portante
  - 5.1.2 Il rapporto con i produttori nell'industria del vetro
  - 5.1.3 La resistenza meccanica del vetro
- 5.2 Il progetto del vetro strutturale
  - 5.2.1 Il contributo di Peter Rice

- 5.2.2 Il tema della trasparenza nel progetto delle Serre
- 5.2.3 Il processo progettuale
- 5.3 Prefabbricazione e tecnologie a secco: la gestione del ciclo di vita del costruito
  - 5.3.1 La produzione fuori opera
  - 5.3.2 Il trasporto
  - 5.3.3 Il cantiere
  - 5.3.4 Durata di edifici e componenti
  - 5.3.5 Il progetto
- 5.4 L'integrazione dei sistemi impiantistici

189

## Capitolo 6

### La gestione delle informazioni nelle fasi decisionali del progetto

- 6.1 Processi industriali e processo edilizio a confronto
  - 6.1.1 Fattori che influenzano i flussi informativi nella fase di progetto
  - 6.1.2 Fasi di lavorazione del vetro e attori coinvolti
- 6.2 L'approccio alla progettazione nella produzione di prodotti e servizi: strumenti
  - 6.2.1 Trasferimenti tecnologici al progetto di architettura
  - 6.2.2 Strumenti di orientamento al cliente: qualità percepita e comunicata
- 6.3 Il ruolo e la struttura dell'informazione
  - 6.3.1 I contenuti dell'informazione
- 6.4 Il ruolo dei criteri di sostenibilità ambientale
  - 6.4.1 Definizione di obiettivi e controllo del processo progettuale
  - 6.4.2 Il contenimento dei consumi energetici e la filiera del vetro
- 6.5 Il ruolo dell'utente nella fase di progetto
- 6.6 Il rapporto tra l'informazione e il progetto: livelli di approfondimento
  - 6.6.1 Obiettivi del processo progettuale
  - 6.6.2 Il rapporto con i processi a monte e la qualità dei dati in ingresso
  - 6.6.3 Il rapporto con i processi a valle e la qualità dei dati in uscita

225

## Capitolo 7

### Modelli di gestione della conoscenza: strumenti per il progetto

- 7.1 L'informazione come processo
  - 7.1.1 Gestione della qualità del progetto
  - 7.1.2 Modello organizzativo e casi di *best practice*
  - 7.1.3 Processi relativi ai rischi
- 7.2 Dal progetto tradizionale al progetto integrato
  - 7.2.1 I principi del *Integrated Project Delivery*
- 7.3 Le ricadute sui diversi "ambienti" che il progetto incontra: limiti e strumenti

- 7.4 Come la gestione della conoscenza influenza i modelli organizzativi nel processo edilizio
- 7.5 Gli indicatori di qualità dell'informazione
  - 7.5.1 L'informazione come *standard*
  - 7.5.2 L'informazione parametrica per la gestione del ciclo di vita dell'opera
  - 7.5.3 La direzione dell'innovazione nella gestione della conoscenza:  
l'interoperabilità dei sistemi
- 7.6 Le ricadute sugli attori coinvolti
  - 7.6.1 Il progettista
  - 7.6.2 Il committente
- 7.7 Conclusioni

**257**

**Allegati**

**Bibliografia**

## Capitolo 1

### 1.1 Campo d'indagine e obiettivi

"[...] la professionalità dell'architetto riveste allo stesso tempo un ruolo debole e strategico. Debole perché non è depositario di un *know how* specializzato [...] come quello degli altri operatori coinvolti oggi nel processo edilizio; ma allo stesso tempo strategico, perché la sua capacità di dialogo [...] si traduce nella capacità di promuovere innovazioni di prodotto e di processo [...]”<sup>1</sup>.

La ricerca nell'ambito sui modi del costruire contemporaneo appare oggi sempre più orientata ad estendere i concetti di *qualità* e *affidabilità* a ciascun segmento del sistema eterogeneo di relazioni che caratterizza il processo edilizio. Riconosciuto come uno tra i più complessi processi produttivi, caratterizzato da una elevata capacità di attrarre investimenti ma anche di dissipare *energie*, il processo edilizio è da tempo oggetto di una complessiva riflessione, che investe le fasi di produzione di materiali e componenti, di ideazione, progettazione, esecuzione, gestione, mantenimento in uso e dismissione del costruito, con l'obiettivo sempre più condiviso di massimizzare il rapporto tra Energie impiegate e Qualità prodotta.

Se nel primo caso il calcolo si presta a descrizioni di tipo quantitativo, seppur attraverso calcoli complessi, nel secondo caso risulta più difficile descrivere con parametri sintetici l'insieme di indicatori che sottendono al concetto di qualità.

La presente ricerca intende indagare le modalità di tale rapporto nelle fasi di progetto e costruzione, con specifico riferimento alla filiera produttiva e di impiego del vetro piano.

### Campo specifico d'indagine

In tale contesto d'indagine, la filiera di produzione e lavorazione del vetro piano per l'edilizia rappresenta un contesto emblematico per indagare alcuni aspetti peculiari del costruire contemporaneo.

L'impiego della tecnologia del vetro è caratterizzato infatti da un elevato grado di standardizzazione da un lato e al contempo dalla necessità di integrare un elevato numero di competenze specialistiche, fattori che ben evidenziano il tipo di complessità che il progetto di architettura si trova oggi a governare. Partendo da tali considerazioni si condivide la posizione espressa da alcuni autori, secondo cui il “[...] rapporto tra architettura e costruzione cambia ulteriormente.

1. Andrea Campioli, “Dai processi industriali avanzati al progetto di architettura”, in A. Campioli, A. Zanelli (a cura di), *Architettura tessili. Progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, 2009, p. 2

Il carattere ricorsivo dell'attività progettuale tende a coincidere con il confronto in tempo reale delle diverse competenze [...]. In questa prospettiva [...] diviene assai difficile pensare al progetto come risultato di una scelta operata dal progettista. Più realisticamente, il progetto è il risultato della convergenza di tutte le competenze in grado di garantire la realizzabilità tecnica di un'idea"<sup>2</sup>.

*Quali sono gli strumenti oggi disponibili per il governo di tale complessità?*

*Quali sono gli attori coinvolti? Come si struttura l'informazione tra essi e sulla base di quali parametri?*

Oltre a questo si consideri che la filiera produttiva in esame nel solo contesto europeo consta di oltre 2500 stabilimenti, che operano nell'ambito della produzione e lavorazione di *vetro piano* destinato al mercato edilizio. Dopo la Gran Bretagna, l'Italia rappresenta il paese membro con il numero più elevato di stabilimenti; oltre 400 sul territorio nazionale<sup>3</sup>. Di queste ultime realtà produttive tuttavia un numero esiguo evidenzia un alto profilo competitivo, corrispondente a quelle imprese che operano alla scala internazionale<sup>4</sup>.

Il confronto di tali dati con altri relativi ai principali materiali da costruzione evidenzia tuttavia un'ampia diffusione del materiale (anche se non sempre nel mercato di produzione originaria), coerente con il ruolo rivestito dallo stesso nella più recente produzione architettonica.

In questo ambito si è manifestato recentemente un rinnovato interesse per l'impiego del materiale; da un lato per le qualità espressive ad esso associate, dall'altro per l'importanza che gli si attribuisce nella progettazione del *comfort* degli ambienti interni e dell'efficienza energetica degli edifici, come evidenzia la diffusione dei criteri di sostenibilità ambientale.

"Vetro" dall'etimo "corpo solido, amorfo, trasparente, duro e fragile, che si ottiene fondendo sabbia con silice. Dal latino *vitrum*, che gli etimologi traggono dalla radice di vid-ère, cioè che fa vedere, trasparente. Ancora dal Devoto Oli "Materiale [...] che trova numerosissime applicazioni per la sua trasparenza e la sua facile lavorabilità."

In entrambe le definizioni si fa dunque riferimento a particolari caratteristiche del vetro, la trasparenza e la flessibilità di applicazione, che rendono da tempo questo materiale di grande interesse in molti ambiti dell'attività umana. Tali caratteristiche derivano essenzialmente dalla lavorazione (vetrificazione) alla quale la materia di origine silicea viene sottoposta al fine di ottenere un materiale nel quale "il disordine strutturale dei liquidi è contenuto in uno stato solido"<sup>5</sup>. Oggi la quasi totalità del vetro industriale si basa ancora su una composizione di silicati. Tuttavia altri sistemi sono stati con successo vetrificati tanto che il termine

2. Andrea Campioli, *Op. cit.*, p.3.

3. Fonte: Kompass, motore di ricerca internazionale di aziende BtoB. Dati a febbraio 2011.

4. Fonte: Databank, Indagine sui fattori di competitività delle aziende del comparto del vetro piano sul territorio nazionale, 2008.

5. J. Zarzycki, "Preface to volume 9", in J. Zarzycki, "Glass and amorphous materials", vol. 9 della collana R.W. Cahn, P. Haasen, E. J. Kramer, *Materials science and technology. A comprehensive treatment*, Cambridge, 1991

“vetro” o stato vetroso ha assunto progressivamente il significato di solido non cristallino associabile tanto alla più comune lastra di vetro per finestra quanto al lattice, in virtù appunto del disordine strutturale che lo caratterizza. Così l'estensione della definizione di “materiali vetrosi” coincide oggi con la diversificazione delle loro tecniche di applicazione. Mentre il vetro tradizionale (dunque a base silicea) rimane un materiale indispensabile per i settori dell'architettura, dei trasporti, del confezionamento e dell'illuminazione, altri “vetri” sono oggi destinati all'uso in ottica ed elettronica (lasers, fibre ottiche, sistemi di conversione dell'energia ecc.)<sup>6</sup>.

Tra questi ambiti quelli che questo studio coinvolge sono evidentemente quello dell'architettura propriamente detta, ma anche quelli che con essa sono strettamente collegati in quanto responsabili di trasferimenti tecnologici, dei quali già si apprezzano le prime sperimentazioni in termini di integrazione con i sistemi più consolidati. Sono tali in particolare i materiali vetrosi per il settore dell'ottica, quali le fibre ottiche o i convertitori di energia, che sempre più si stanno diffondendo nel processo edilizio.

## Obiettivi

La tecnologia del vetro è campo di indagine ormai consolidato. Sull'argomento sono stati scritti numerosi saggi e volumi, ciononostante si impone sempre di più come ambito di interesse. Le ragioni sembrano essere molteplici. Negli ultimi decenni, in particolare dagli anni '80 del secolo scorso ad oggi, un numero cospicuo di architetture è stato realizzato. Oggi dunque è resa disponibile una casistica di manufatti che rappresenta l'unico modo per verificare il soddisfacimento degli intenti progettuali unitamente agli intenti della filiera di produzione del vetro piano. Alcuni di questi manufatti hanno già qualche decennio di vita; questo rende possibile inoltre la verifica del mantenimento delle prestazioni in uso di materiali e componenti nel tempo.

Non ultime alcune considerazioni che derivano dalle prime fasi di ricerca condotta sulla filiera di produzione e lavorazione del vetro piano.

Se consideriamo i soli ultimi cinque anni un quinto dei prodotti immessi sul mercato e destinati alla filiera delle costruzioni non esisteva precedentemente. Tali prodotti sono quelli che gli stessi produttori definiscono *Innovative materials*; tra questi troviamo “inoltre la filiera del *flat glass* che produce un numero elevato di prodotti innovativi nella direzione del risparmio energetico, della salvaguardia ambientale, della sicurezza, del comfort e dell'estetica”<sup>7</sup>.

6. Ib.

7. I dati relativi alla percentuale di prodotti innovativi immessi sul mercato negli ultimi cinque anni in relazione a categorie di prodotti sono verificabili sul sito ufficiale di Saint Gobain, [www.saint-gobain.com](http://www.saint-gobain.com)



La filiera della produzione e lavorazione del vetro piano rappresenta dunque un campo in crescita, contraddistinto da una caratteristica componente sperimentale a diversi livelli di operatività:

- a livello di chi produce;
- a livello di chi lavora il materiale di base;
- a livello di chi lo impiega (il progettista) e ne segue la messa in opera unitamente ad altri materiali.

Per questi motivi è apparso un campo adeguato al perseguimento degli obiettivi della ricerca, primo tra i quali la comprensione di come sia cambiata e stia cambiando la fase di progettazione dell'opera; quali strumenti nuovi vengono elaborati e adottati, quale ruolo svolge il progettista o, più propriamente, il *project leader*. Conseguentemente gli obiettivi perseguiti nell'indagine sono stati:

- l'individuazione del ruolo svolto dall'informazione all'interno del processo progettuale che oggi dialoga con i contemporanei livelli di industrializzazione;
- la comprensione delle modalità con le quali va strutturandosi l'informazione tecnica necessaria a garantire la qualità di impiego della tecnologia in esame;
- l'individuazione gli indicatori di qualità dell'informazione.

Ribadendo dunque il ruolo centrale svolto dall'informazione si pongono alcuni quesiti: come avviene il passaggio delle informazioni tra i diversi attori coinvolti nel processo progettuale produttivo? Quale è il livello adeguato di informazione nelle diverse fasi progettuali dall'ideazione alla realizzazione?

### **Limiti connessi all'ambito specifico d'indagine**

L'analisi del processo edilizio che applica allo studio del rapporto progetto/costruzione i parametri di indagine applicabili e derivabili dai processi di produzione industriale non è fatto nuovo.

Sebbene tale approccio giunga nel nostro paese in ritardo rispetto ad altre esperienze produttive e in mercati che oggi definiamo attigui, il processo costruttivo è oggi descrivibile in maniera diffusa come insieme di "flussi", in particolare:

- flussi di informazioni;
- flussi di energia.

Gli anni Settanta e dunque la prima crisi energetica unitamente alla diffusione delle tecnologie dell'informazione sono il momento riconosciuto come determinante di un rinnovato approccio nell'indagine dei processi di produzione in generale.

La presente ricerca intende collocarsi negli ultimi quaranta anni di produzione architettonica e industriale, ponendo come centrale il tema dei flussi informativi i quali restituiscono, più specificatamente dei secondi, il rapporto tra tutti gli attori della filiera e in particolare dei diversi attori con il progettista.

### **Limiti connessi alla filiera produttiva scelta**

#### **L'industria del vetro**

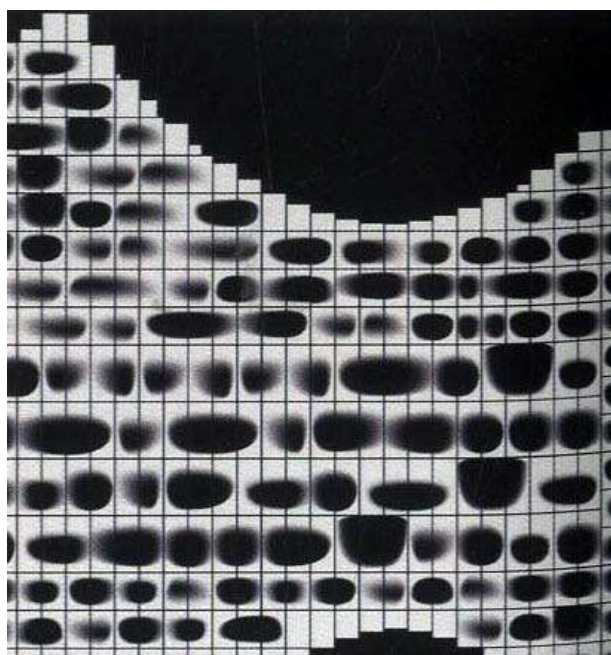
L'industria del vetro si costituisce in tre filoni produttivi principali:

- il *vetro piano*, per lo più destinato al mercato edilizio;
- il *vetro cavo*, per lo più destinato alla produzione di oggetti d'uso quotidiano;
- il *vetro tecnico* o altrimenti detto il *vetro tessile* (sotto forma di fibra) come costituente l'aggregato di materiali compositi con funzione strutturale, di rivestimento o di isolamento.

La presente ricerca si è svolta nell'ambito della filiera del vetro piano e ha preso in esame i prodotti in vetro tessile, così come altri prodotti tessili o in lastre in materiale plastico, in quanto tali prodotti oggi si presentano, in misura sempre maggiore, come un'alternativa all'impiego dei prodotti della filiera indagata.

Per tale motivo il progettista che opera impiegando tecnologie innovative si trova sempre più spesso a valutare la convenienza di questa gamma di materiali in rapporto alle prestazioni che la tecnologia del vetro offre.

Gli esempi riportati hanno pertanto la funzione di delineare lo scenario all'interno del quale il *leader* di progetto è oggi chiamato a scegliere, nonché a giustificare le proprie scelte di fronte ai propri *clienti*.



Modello parametrico per la definizione delle morfologie dell'involucro vetrato nel progetto della *Elbphilharmonie* di Amburgo. Herzog & De Meuron, 2003, in corso di costruzione.  
[Fonte: Detail. 5. 2010]



# **Il complesso impiego del vetro in architettura.**

**Dall'artigianato, alla manifattura, alla tecnologia**

# 2

## 2.1 Le origini dell'architettura del vetro: dalla Rivoluzione Industriale al XX secolo

L'importanza del vetro nell'evoluzione della tecnica, nella vita quotidiana dell'uomo e nell'arte del costruire è testimoniata dall'antichissima presenza del materiale nella storia, tanto che le sue origini e la sua scoperta si perdono nel mito.

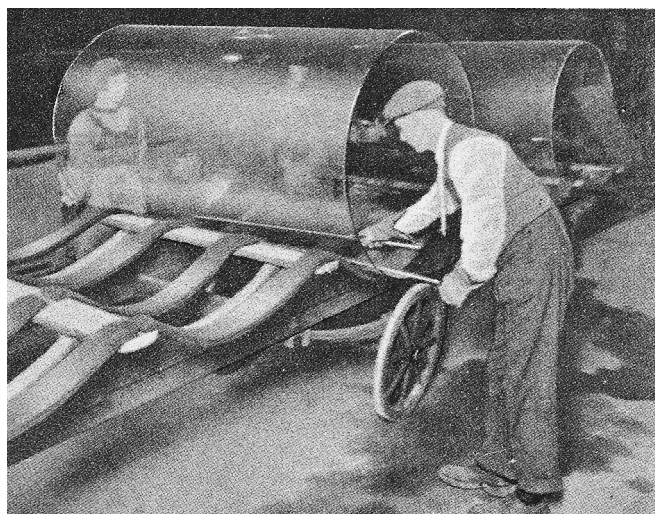
L'arte di fabbricare il vetro era nota da secoli. In Siria e in Egitto si era perfezionata la tecnologia sull'uso dei colori, ma è presso i Romani che si ampliano le possibilità di applicazione del materiale. Per la prima volta il vetro venne impiegato nelle finestre e nelle parti decorative architettoniche. Diffondendo poi tali conoscenze nelle loro provincie, le tecniche di produzione del vetro approdarono nelle Gallie, nella Spagna, in Portogallo, lungo il Reno e in Bretagna. L'età medievale vede poi il fiorire dell'industria vetraria veneziana, gelosamente custodita sull'isola di Murano e alla quale si dovrà il fiorire dell'industria francese. La presenza di un fiorente porto commerciale fece conoscere e apprezzare i prodotti dell'arte muranese oltre i confini della città. Accanto a questi si diffusero poi, prima nel Seicento e poi nel Settecento, i prodotti della Boemia sino a quando, con l'avvento di Napoleone, l'industria veneziana non cadde in declino.

Nonostante questa lunga presenza nel susseguirsi delle civiltà all'interno della storia delle tecniche costruttive il vetro non svolge un ruolo primario se non in tempi recenti, quando si realizzano le condizioni per produzioni che superano i confini locali.

Le prime fasi di questo sviluppo si hanno nel XVII secolo sotto la reggenza di Luigi XIV.

*« On commença dès 1666 à faire d'aussi belles glaces qu'à Venise qui en avait fourni toute l'Europe et bientôt on en fit dont la grandeur et la beauté n'ont jamais pu être imitées ailleurs<sup>(1)</sup> »*

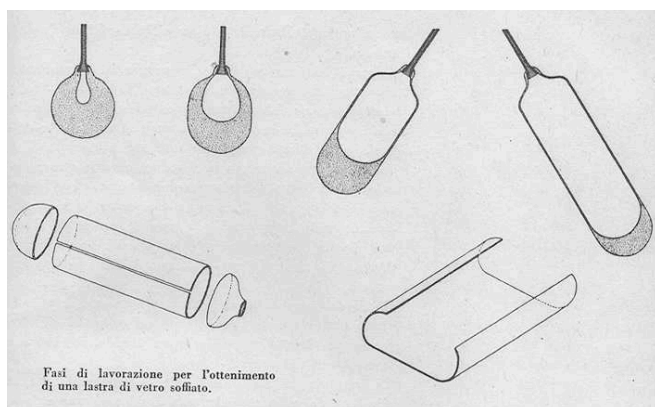
Nella seconda metà del Seicento è infatti in Francia che la produzione del vetro conosce i primi importantissimi sviluppi nella fabbricazione delle lastre. Nel 1680 quando viene inventato il metodo di produzione definito *coulage*<sup>1</sup>, i metodi tradizionali di soffiatura erano gli unici conosciuti e diffusi.

**Fig. 2.1**

Cilindri ottenuti mediante "soffiatura" meccanizzata secondo il metodo *Lubbers* (fig. 3.4), prima delle operazioni di formatura.

Produzione media oraria: 65 mq (Si veda fig. 2.23).

[fonte: GAGLIARDI, 1945]

**Fig. 2.2**

Il metodo tradizionale di "soffiatura" e fasi di lavorazione successive: taglio delle estremità e lungo l'asse longitudinale; apertura del cilindro per l'ottenimento della lastra piana.

Produzione media oraria: 1,5 mq. (Si veda fig. 2.23).

[fonte: GAGLIARDI, 1945]

Questo nuovo metodo permetteva di realizzare lastre di dimensioni assai maggiori di quanto non fosse possibile con i metodi precedenti, tanto che alla fine del XVIII secolo era possibile realizzare lastre anche di tre metri di lunghezza.

Occorse tuttavia aspettare oltre un secolo perché la tecnica progredisse sino a quel punto. Questo accadeva in un particolare momento di svolta nella storia della produzione del vetro. Dagli oggetti d'uso comune alle finestre il vetro era ormai entrato a far parte della vita quotidiana delle persone. Restavano ad ogni modo diversi impedimenti alla diffusione del vetro se si pensa alla grande versatilità d'impiego che già aveva dimostrato.

I limiti erano per lo più connessi a una produzione ancora di tipo artigianale, che determinava costi eccessivi del materiale, lunghi tempi di produzione e qualità mai costanti nel prodotto finito.

A questo si sommarono alcuni provvedimenti e leggi nazionali che si diffusero dal quel momento in avanti in particolare nel nord Europa. Nel 1696 in Inghilterra, sotto William III, furono promulgate una serie di leggi, *Act of Making Good the Deficiency of the Clipped Money*, tra cui la cosiddetta *window tax*<sup>(2)</sup>. Tale tassa, applicata agli immobili, consisteva di due parti: una quota fissa e una variabile in rapporto al numero di finestre eccedenti le dieci unità. La tassa si basava sul principio che più grande fosse l'abitazione più, si presumeva, dovesse essere maggiore il numero delle finestre. La conseguenza di ciò fu la chiusura di moltissime finestre, là dove le condizioni igieniche lo consentivano. Tale provvedimento fu molto controverso; ciononostante rimase in vigore per tutto il XVIII secolo e parte del XIX, insieme ad altre imposte che si diffusero nello specifico sulla produzione del vetro.

Questo materiale rimaneva pertanto, come nei tempi antichi ma per motivi diversi, una merce assai preziosa, e molti risultavano gli ostacoli a una sua maggiore diffusione, nonostante i progressi compiuti nella produzione. Occorre attendere la fine del XIX secolo e il successivo perché si attuino quei cambiamenti radicali nella sua produzione, i quali consentirono un costo molto più ridotto del materiale e che furono pertanto preludio del suo attuale impiego.

**Fig. 2.3**

Carta delle fabbriche e dei depositi della compagnia *Saint-Gobain* in Francia al 1702. [fonte: HAMON, 1998]





## 2.2 Il XX secolo e la prima industria del vetro: prefabbricazione in edilizia

Con il volgere del Novecento si verificano importanti e simultanei cambiamenti che determinano, nella filiera di applicazione del vetro e in generale nel settore delle costruzioni, il passaggio da organizzazioni produttive di tipo artigianale ad altre di tipo industriale. Cambiano radicalmente i modi e i tempi della produzione, si consolidano e nascono nuove professioni, le conoscenze si strutturano in nuovi saperi, cambia il modo di trasferire la conoscenza.

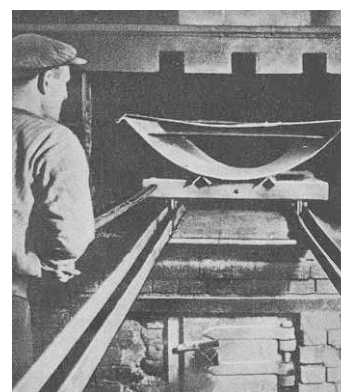
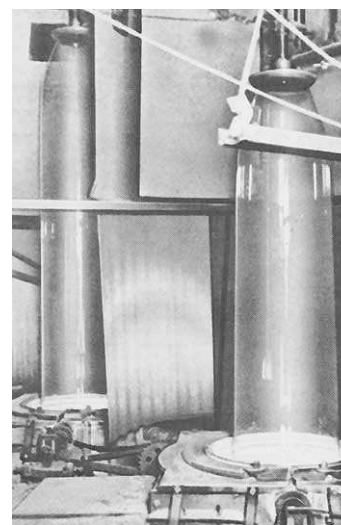
Sino a quel momento il cantiere o il laboratorio o ancora la bottega erano gli unici luoghi adibiti alla verifica dei saperi legati a una particolare tecnica. Con l'avvento della Rivoluzione Industriale la fabbrica diviene progressivamente un "archivio" in cui si conserva traccia di stadi del sapere, anche se superati. Le conoscenze rischiano sempre meno di andare perdute con il passare delle generazioni e trovano il modo per perfezionarsi e progredire grazie alla necessità di tenere traccia di tutte le fasi produttive, in vista di una gestione efficiente delle risorse impiegate.

Questo ha conseguenze anche sull'organizzazione del progetto di architettura e sulla sua realizzazione. Già nei primi decenni del Novecento in Paesi quali la Francia o l'Inghilterra si diffuse un crescente interesse verso le trasformazioni di tipo organizzativo prodotte dall'introduzione di innovazioni tecnologiche, le stesse che avevano dato origine e garantivano la continuità dei processi d'industrializzazione.

Così mentre per una parte della storiografia europea risultavano centrali nel dibattito temi quali il linguaggio, lo stile e la descrizione da un punto di vista sociologico della città, nel centro e nord Europa così come negli Stati Uniti d'America maggiore si dimostrò l'interesse verso il rapporto tra la struttura delle organizzazioni produttive e i progressi della tecnica, nei diversi ambiti dell'attività umana.

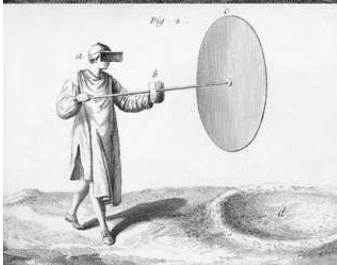
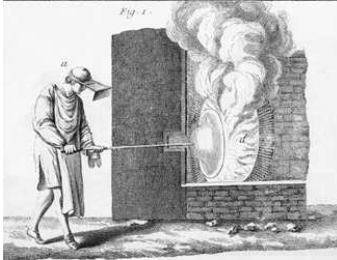
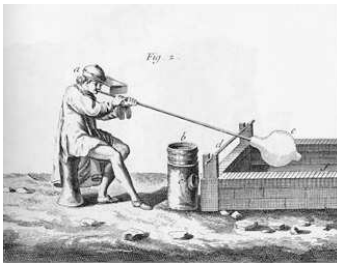
Ciò che si intendeva mettere in evidenza, e ancora oggi, è la relazione che intercorre tra la qualità di un prodotto dell'attività umana e le conoscenze indispensabili alla sua realizzazione.

Questo si è tradotto, e in tempi più recenti si è consolidato anche come disciplina autonoma, nello studio dell'organizzazione e della trasmissibilità del



**Fig. 2.4**

Dal metodo tradizionale di soffiatura al primo sistema meccanizzato di produzione delle lastre con la macchina brevettata da *J. H. Lubbers* nel 1903. (In basso) Formatura a caldo del cilindro tagliato per l'ottenimento della lastra di vetro piano. [Fonte: GAGLIARDI, 1945]



**Fig. 2.5**  
The crown glass method.  
[Fonte : McGrath, 1961]

sapere nei diversi momenti storici, ritenuti in varia misura esemplari nell'evoluzione delle strutture sociali.

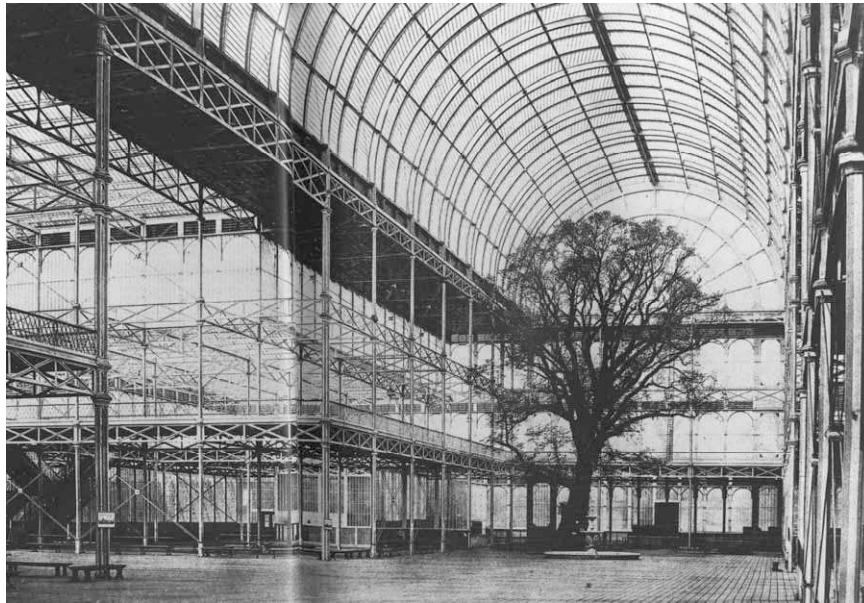
Il processo di trasformazione del cantiere di architettura non fa infatti eccezione, in particolare in riferimento alla tecnologia del vetro. Il passaggio da una produzione di tipo artigianale alla manifattura e infine all'industria avviene in tempi piuttosto recenti, se si considera la presenza e l'importanza del materiale nella storia dell'umanità.

In questi passaggi si riscontra un progressivo ampliamento della filiera produttiva, la quale non solo cessa di essere stanziale e locale ma soprattutto coinvolge un numero maggiore di attori. Le conoscenze si moltiplicano e, in primo luogo, si avvia la distinzione tra i saperi necessari alla produzione e lavorazione del materiale e i saperi indispensabili per il suo impiego. In effetti sono proprio questi ultimi a svilupparsi in modi assai differenti dal contesto precedente. Fino a quando la produzione della singola lastra di vetro era affidata all'abilità ed esperienza dell'artigiano non era infatti solo la quantità della produzione a costituire un limite, ma anche la qualità della stessa. Non era possibile agire, ad esempio, sullo spessore della lastra, se non in un intervallo piuttosto ampio, così come non era possibile garantire l'omogeneità della stessa in tutte le sue parti né, tanto meno, di diverse lastre tra loro. Ne conseguiva un impiego funzionale a soddisfare limitate esigenze quali, ad esempio, di illuminazione e areazione degli ambienti, là dove possibile.

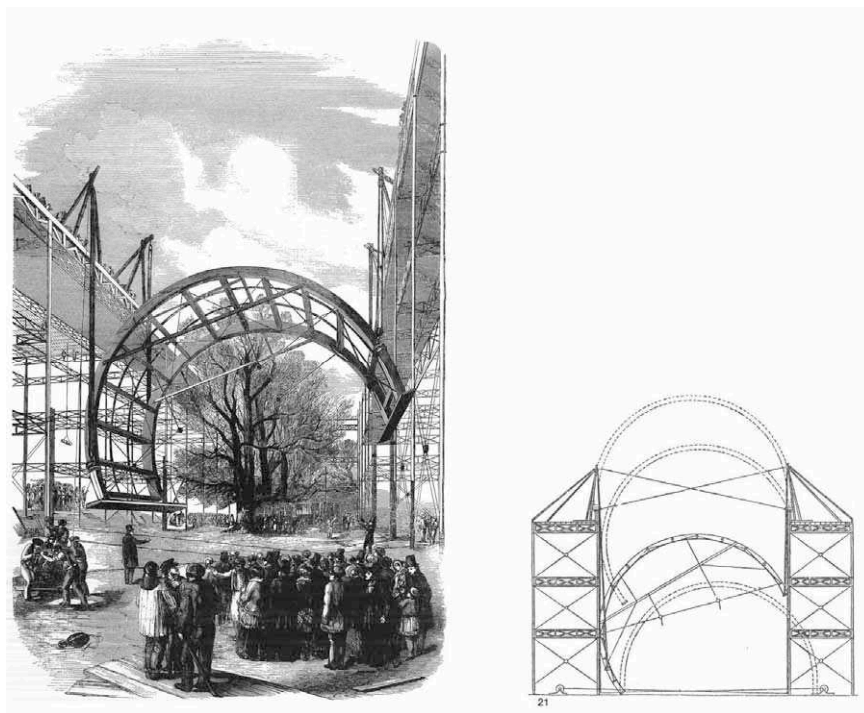
Le diverse lavorazioni superficiali a cui il materiale poteva essere sottoposto non corrispondevano poi ad effettive differenze nella composizione microscopica della materia e derivavano più dalla volontà di differenziare l'aspetto del materiale che da una effettiva conoscenza delle sue molteplici possibilità d'impiego.

In ultimo, fattore non trascurabile, tempi e modi della produzione artigianale rendevano il prodotto finito assai costoso e appannaggio per questo di limitati contesti. È il caso dell'impiego del vetro piano nelle grandi esposizioni internazionali, a cominciare dalla prima Esposizione Universale riconosciuta dal BIE<sup>(3)</sup>, *Bureau International des Expositions*, tenutasi a Londra nel 1851, alla quale fece da cornice il *Crystal Palace* di Joseph Paxton. Si celebrava in quel momento secondo un sentire comune, come descritto da storici quali David Landes, il ruolo dell'Inghilterra quale "officina del mondo", fatto che contribuì alla grande risonanza che ebbe l'opera di Paxton<sup>(4)</sup> e questo avvenne con il contributo sia dei sostenitori sia dei detrattori.

Più interessante ai fini di questo studio risulta tuttavia la formazione e l'esperienza che condussero Joseph Paxton a divenire un protagonista del periodo. Prima di essere progettista e direttore dei lavori infatti egli si forma



**Fig. 2.6**  
Il cantiere del *Crystal Palace*.  
[Fonte: Mc KEAN, 1994]

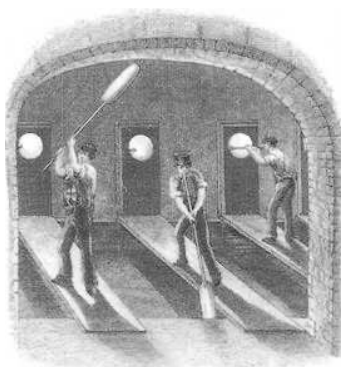


**Fig. 2.7**  
Il sistema costruttivo impiegato nei solai di copertura del *Crystal Palace*.  
[Fonte: Mc KEAN, 1994]



**Fig. 2.8**

Specchiatura in vetro ottenuta per composizione di elementi circolari realizzati secondo il *Crown glass method*.



**Fig. 2.9**

*Cylinder Blown Sheet method.*

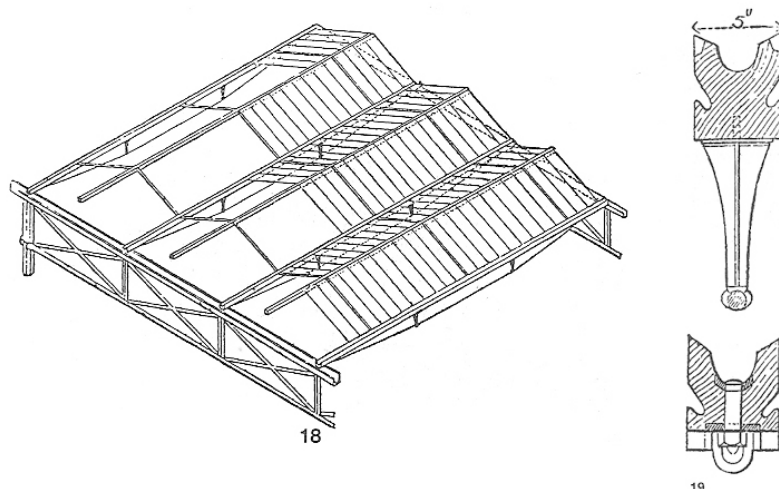
Questo metodo è un'evoluzione del metodo tradizionale di soffiatura. L'artigiano procedeva, dopo aver ottenuto la massima dimensione del cilindro a soffio, alla roteazione dello stesso affinché, attraverso la forza centrifuga, il cilindro stesso si allungasse. Il vetro veniva poi lasciato raffreddare prima di procedere al taglio e successivamente riscaldato e reso piano.

[Fonte : [www.english-heritage.org.uk](http://www.english-heritage.org.uk)]

come botanico. Quando Paxton nel 1850 progetta e segue la realizzazione del Crystal Palace l'insieme di queste esperienze si traduce in un cantiere innovativo sotto molteplici aspetti.

Il lavoro al fianco degli ingegneri delle ferrovie gli permise innanzitutto di concepire una moderna struttura a telaio in ferro, che si sostituì a quelle più modeste e realizzate in legno, che lui stesso aveva precedentemente progettato<sup>(5)</sup>. Il vetro unito a questi scheletri, diversamente resistenti a parità di sezione rispetto al legno, permise anche di sperimentare nuovi profili e diversi sistemi di posa delle lastre per accentuare la dimensione delle superfici trasparenti e dunque l'ingresso della luce. I profili dell'orditura secondaria vennero sagomati per essere maggiormente resistenti a taglio e così mostrarsi più snelli nei punti di appoggio delle lastre, verso le superfici esterne delle stesse che, ricevendo l'irraggiamento solare, erano principalmente responsabili della diffusione della luce all'interno dell'edificio. La posizione della lastra era dunque diretta conseguenza dello schema strutturale adottato e la percezione della trasparenza, oltre all'effettiva quantità di luce che l'involucro filtrava, degli effetti dell'ombra generata dal telaio in ferro (nella forma di orditura primaria e secondaria) sulle lastre stesse. Per minimizzare ulteriormente i carichi generati dalle lastre di vetro sull'orditura secondaria e per diminuire, anche dal punto di vista della percezione visiva, il rapporto tra il sistema a telaio e le superfici trasparenti venne adottata una posa delle lastre a formare un sistema di cuspidi, ai compluvi delle quali si trovavano i profili appositamente progettati. Questo sistema fungeva tanto da orditura secondaria quanto da sistema di raccolta delle acque e venne denominato, da quel momento in poi, *Paxton gutter*<sup>(6)</sup> (grondaia / canale di scolo). Lo schema strutturale progettato venne impiegato sia nella grande navata centrale a cupola sia in quelle laterali che prevedevano una copertura piana.

La dimensione dell'edificio che ci si accingeva a realizzare era così molto più grande delle architetture con le quali Paxton si era, sino a quel momento, confrontato. Se i problemi relativi al progetto delle strutture portanti trovarono soluzione grazie all'ingegneria applicata alle prime grandi opere infrastrutturali in ferro, era necessario trovare una soluzione al quantitativo di lastre di vetro previsto per rivestire l'edificio, in tempi piuttosto ristretti. Paxton si affidò ai più recenti sviluppi nel campo della produzione del vetro soffiato, essendo ancora lontana la meccanizzazione del processo di produzione delle lastre. Si rivolse per questo a Robert Lucas Chance che nel 1832 introdusse, importando la tecnica dalla Francia, un'innovazione nel processo di produzione dei cilindri di materiale vitreo, da cui derivava la lavorazione delle

**Fig. 2.10**

Il sistema costruttivo impiegato per la posa delle lastre di vetro nei solai di copertura del *Crystal Palace* e il dettaglio del *Paxton gutter* [fonte: Mc KEAN, 1994]

lastre. Si passò dal cosiddetto *method of Crown Glass* al *Method of Cylinder Blown Sheet*<sup>(7)</sup>.

Il cantiere del *Crystal Palace* aveva permesso di sperimentare alcune innovazioni nel processo di produzione del materiale e nei sistemi di posa; questo anche grazie al carattere temporaneo che quell'architettura aveva, così come altre simili successivamente. I miglioramenti ottenuti andavano nella direzione di una maggiore dimensione delle lastre, di una migliore qualità della loro superficie e della maggiore produttività.

Tuttavia non erano ancora apprezzabili gli orizzonti di ricerca derivanti da un diffuso impiego del vetro in edifici di tipo residenziale e produttivo, dove una dimensione di superfici vetrate paragonabili a quelle del *Crystal Palace* avrebbe fatto emergere ulteriori quesiti.

Perché ciò avvenga occorre attendere l'inizio del XX secolo e il verificarsi di tre condizioni in particolare;

- l'evoluzione e la diffusione delle strutture a telaio in ferro;
- la meccanizzazione nella produzione delle lastre di vetro;
- il consolidarsi delle scienze applicate allo studio dei materiali.
-

### 2.2.1 Il rapporto con le strutture a telaio

Prima dell'avvento della struttura a telaio l'involucro degli edifici mediava con le condizioni ambientali esterne per mezzo di due principali componenti; la struttura portante e il tamponamento o, potremmo dire, le parti con serramenti vetrati che di fatto costituivano le principali chiusure esterne non portanti. Il rapporto tra le superfici opache e quelle trasparenti o traslucide permetteva di determinare, unitamente alla massività delle strutture verticali, condizioni microclimatiche interne accettabili per lo svolgimento delle attività umane. Queste ultime del resto erano scandite, prima dell'avvento dell'illuminazione artificiale, dall'illuminazione naturale e in parte protratte con l'ausilio di candele o lampade ad olio.

Con la diffusione delle strutture a telaio, e in particolare a telaio in ferro, il contesto cambia radicalmente. Le strutture verticali esterne perdono la funzione portante dei carichi dell'edificio, per divenire strutture appese aventi l'unico scopo di proteggere l'ambiente interno dalle avverse condizioni climatiche esterne. Lo spessore e di conseguenza il peso di questi tamponamenti va così riducendosi, al fine di gravare il meno possibile sulle strutture portanti.

Le prime sperimentazioni che diedero in seguito origine all'evoluzione delle strutture a telaio in ferro si hanno, secondo la storiografia, in primo luogo in Inghilterra già alla fine del XVIII secolo, ad opera dell'ingegnere William Strutt che applicò al progetto di un edificio multipiano, a Derby, i principi strutturali sviluppati nella costruzione di ponti<sup>(8)</sup>.

Da quel momento la struttura a scheletro in acciaio inizia a diffondersi in Inghilterra tanto che, al momento del progetto per il Crystal Palace di Joseph Paxton, già determinava un alleggerimento delle strutture di facciata che continuavano, tuttavia, ad essere posizionate su un piano arretrato rispetto alle strutture portanti esterne.

Occorre infatti ricordare che le soluzioni strutturali sviluppatesi al tempo in Inghilterra nella terza parte del XIX secolo erano solo in parte paragonabili alle strutture a telaio che si diffusero successivamente. I diversi piani non costituivano di fatto un organismo solidale in quanto a strutture ad arco era affidato il compito di risolvere la connessione tra i pilastri e le travi; ne derivava un comportamento statico diverso da quello dei telai della prima metà del Novecento.

I più noti esempi di applicazione di questo tipo di scheletro sono le chiese progettate da Thomas Rickman e John Cragg realizzate in ghisa prefabbricata<sup>(9)</sup>.

Mentre cominciava a diffondersi l'uso della struttura a telaio, talvolta anche a vista, il codice Inglese sugli edifici venne modificato, nel 1844, nella direzione di una maggiore sicurezza al fuoco, fatto che si impose come ostacolo alla diffusione ulteriore dello scheletro in ferro a vista negli edifici. L'anno successivo venne poi abrogata la *Glass tax*<sup>(10)</sup>; i costi legati all'impiego del vetro in questo modo diminuirono e ne venne incoraggiato un uso più esteso. Infine qualche anno più tardi, nel 1851, un'ulteriore spinta all'uso del vetro venne poi anche dall'abolizione della *Window tax*.

Nella seconda metà dell'Ottocento tuttavia, parallelamente al verificarsi di condizioni più favorevoli alla commercializzazione del vetro, in Inghilterra si diffondeva un movimento che si opponeva ai cambiamenti e alle conseguenze della Rivoluzione Industriale. L'esponente di tale corrente che più influì sulla cultura architettonica del tempo fu John Ruskin, che così si esprimeva riguardo, ad esempio, all'uso del ferro negli edifici:

*"[...] architecture does not admit iron as a constructive material, and that works as cast-iron [...] are not architecture at all"<sup>(11)</sup>*.

Così mentre gli studi intorno alla tecnologia del ferro progredivano, lo scheletro delle strutture portanti continuò a lungo a essere confinato all'interno di più tradizionali cortine murarie. Nello stesso periodo, precisamente nel 1847, a New York James Bogardus proponeva di costruire un nuovo edificio di quattro piani interamente rivestito di vetro e di incombustibile ghisa. Borgadus, che fu architetto e inventore, è considerato infatti pioniere nell'uso della ghisa per realizzare le facciate di edifici<sup>(12)</sup>; Egli aveva brevettato negli Stati Uniti un sistema prefabbricato, che derivava dalle conoscenze apprese durante un viaggio in Inghilterra negli anni tra il 1836 e il 1840.

Dal 1867, anno dell'esposizione mondiale a Parigi, numerosi sistemi di costruzione in ferro e terracotta, conosciuti come *pan-de-fer*, furono sviluppati anche in Francia e proposti per realizzare edifici resistenti al fuoco. Da quel periodo la realizzazione di scheletri indipendenti in ferro fu tecnicamente possibile; tuttavia essa continuò ad accompagnarsi all'uso di altri materiali che, rivestendo lo scheletro, potessero conferire alla struttura maggiore resistenza al fuoco.

Le esperienze maturate pressoché contemporaneamente nel vecchio e nel nuovo continente si alimentarono vicendevolmente, in quegli anni, per la volontà dei progettisti stessi di apprendere le più moderne scoperte sulla tecnica delle costruzioni durante i loro viaggi<sup>(13)</sup>. Tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento la cosiddetta Scuola di Chicago contribuisce al dibattito e



**Fig. 2.11**

Fasi di: estrazione della materia prima, silice; lavaggio della silice; preparazione dei crogioli per la fusione.

[Fonte: GAGLIARDI, 1945]

pone le basi per le grandi trasformazioni successive.

Gli studi e i raffronti storici relativi alla *School of Chicago* hanno raramente messo in evidenza alcuni aspetti del contesto normativo presente all'epoca. Quest'ultimo fattore è invece centrale negli studi che Carol Willis<sup>(14)</sup> compie, con il fine di contestualizzare la lettura dell'evoluzione del grattacielo nei primi decenni del Novecento nel più ampio panorama economico e produttivo delle città americane di New York e Chicago. Nello stesso contesto normativo e economico del periodo è infatti possibile rilevare importanti vincoli che incisero in maniera determinante sull'uso e sulla forma degli edifici. I grattacieli sono infatti progettati dall'interno verso l'esterno e dal modulo all'insieme di moduli che vanno a costituire l'efficienza di un piano. La dipendenza dalla luce esterna diurna segna allo stesso modo importanti modifiche nell'evoluzione della loro forma e dimensione in planimetria.

A tale proposito così si esprimeva Ferree Barr, in un articolo dal titolo "*The high building in art*", pubblicato sulla rivista *Scribners magazine* nel Marzo del 1894:

*"The design of a high building is a definite problem which may be expressed in a very few words. It is the arrangement of the largest number of windows of the greatest possible size [...] which is fixed by external circumstances, such as the width of the lot and the number of stories high the owner is intending to build<sup>(15)</sup>."*

Questa subisce le prime importanti modifiche dagli anni Ottanta del XIX secolo agli anni Quaranta del XX secolo. In quell'intervallo di tempo infatti la normativa prevedeva che la distanza degli spazi più interni dell'edificio non superasse i 25-30 piedi dalle aperture esterne<sup>(16)</sup>. La dipendenza dalla luce naturale per un migliore svolgimento delle attività lavorative non era conseguenza unicamente di una generale idea di benessere legata alla luce diurna. Pur iniziando la diffusione della luce artificiale, questa era ancora inefficiente e dunque insufficiente a garantire condizioni accettabili di illuminamento.

Ne conseguiva una distribuzione perimetrica degli spazi adibiti ad ufficio che sfruttava al massimo anche le possibilità di rendita economica di spazi illuminati naturalmente. E mentre la prossimità alla fonte di luce naturale diveniva indice di valore per la locazione e la vendita degli spazi nei grattacieli, si diffondeva l'uso di sistemi vetrati di separazione tra gli ambienti e l'impiego di superfici traslucide per regolare, amplificandola, la diffusione della luce, garantendo allo stesso tempo condizioni diverse di riservatezza.



Questa dipendenza continuò in varie forme fino a quando la possibilità di illuminare artificialmente gli edifici non divenne economicamente sostenibile, fattore che ancora una volta segnò un cambiamento radicale nel progetto degli edifici alti. Altri elementi avrebbero concorso successivamente a cambiamenti nella dimensione dei grattacieli. L'introduzione di più efficienti sistemi di trasporto verticale all'interno degli edifici permise di raggiungere altezze maggiori, costringendo ad ampliare la distribuzione planimetrica degli edifici stessi per trovare i necessari spazi per i sistemi di trasporto verticale che avrebbero richiesto, da quel momento in poi, sempre maggiori superfici (si diffondono *banded windows*, o finestre a nastro, e i *curtain wall* vetrati).

L'illuminazione fluorescente nel frattempo arrivò a garantire alti livelli di illuminazione interna senza eccessivo riscaldamento degli spazi interni, per altro contrastato dal diffondersi dei sistemi di condizionamento e ventilazione forzata. Questi edifici alti erano considerati all'epoca moderni in termini di programma e funzione, ma altrettanto non viene oggi affermato in termini di linguaggio. Sempre meno dipendenti dalla luce esterna e dall'aria, sempre meno vincolati da condizioni di prossimità ad altri edifici (che in passato ne avevano condizionato la forma nello sviluppo in altezza) con una forma che poteva quindi essere più libera, paradossalmente, gli edifici alti di quel periodo tesero ad uniformarsi figurativamente tra loro, divenendo "*pristine rectangle of metal and glass*"<sup>(17)</sup>.

L'occasione di confronto con le esperienze, anche linguistiche, maturate oltreoceano venne con la Competizione internazionale per la nuova sede del *Chicago Tribune* nel 1922. I concorrenti americani conoscevano da vicino i temi legati alla realizzazione degli edifici alti; sia in termini di rendita economica sia di percezione dell'opinione pubblica riguardo a problemi quali la perdita di luce naturale ed aria o di sicurezza e di resistenza al fuoco che la nuova scala dell'edificio aveva fatto emergere<sup>(18)</sup>. A tale proposito i concorrenti erano infatti già abituati a lavorare e progettare in condizioni di sempre maggiore vincolo legislativo, in particolare in relazione all'introduzione delle recenti *zoning codes*<sup>(19)</sup>.

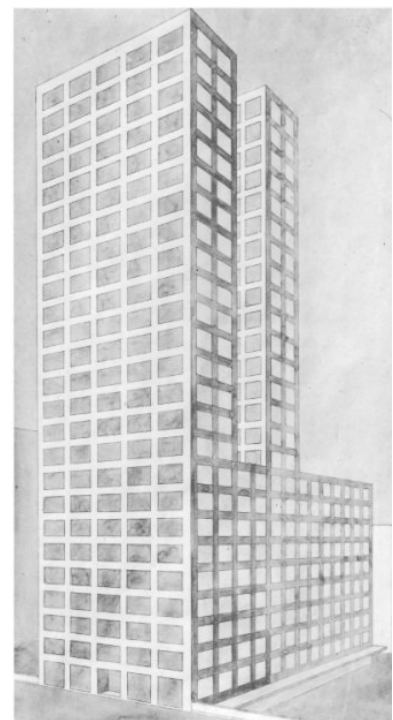
Così le proposte degli architetti americani apparvero più omogenee rispetto a quelle dei colleghi europei, le proposte dei quali apparvero maggiormente sacrificare gli aspetti di praticità economica per proporre soluzioni dal carattere più monumentale.

Tuttavia l'occasione del concorso non fu solo un confronto tra aspetti costruttivi del fare architettura o l'evidenza di un crescente interesse per l'edificio a scheletro in ferro e vetro, bensì si configurò come un dibattito tra visioni contrapposte di una nuova stagione del fare architettura. La dimensione di scala

introdotta dal grattacielo, da quel momento in poi perseguibile, portò a riflessioni sul significato ad esso associato e sui mutamenti indotti nel paesaggio delle città<sup>(20)</sup>.

**Fig. 2.12**

Progetti per la nuova sede del  
*Chicago Tribune*, 1922  
Proposte degli architetti *Walter  
Gropius* e dell'architetto *Ludwig  
Hilberseimer*.  
[fonte: ZUKOWSKY, 2000]



## 2.2.2 Il ruolo di *Mies Van der Rohe* tra Europa e Stati Uniti d'America

Nella cultura architettonica del XX secolo fu centrale la figura di Mies Van Der Rohe che testimonia, ancora una volta dopo l'esperienza di concorso per la sede del *Chicago Tribune*, i rapporti proficui che si instaurarono tra le riflessioni maturate in ambito europeo e le innovazioni costruttive del contesto americano.

Mies emigra infatti dalla Germania agli Stati Uniti nel 1938, all'età di oltre cinquant'anni e a un punto maturo della sua carriera. L'analisi di questo passaggio è centrale nell'opera curata da Phyllis Brontman Lambert, chair del CCA, in occasione della mostra *Mies in America*, con l'obiettivo di sottolineare come *"the transcendent aspiration that inspired his worked"* trovò modo di esprimersi attraverso *"the pragmatic American approach to problems"*.

L'ambiente nel quale l'architetto fu immerso fu contemporaneamente accademico, sociale, economico, industriale, tecnologico e caratterizzato da nuove, e per lui inesplorate, pratiche costruttive. Di questo contesto Mies ebbe la peculiarità di saper leggere, secondo la lettura data da questo studio e dai numerosi storici che ad esso hanno contribuito e in confronto agli altri architetti a lui contemporanei, l'importanza degli strumenti che ebbe a disposizione, di comprenderli e infine di tradurli in mezzi per l'espressione delle proprie idee, coniugando i suoi obiettivi di progetto con quelli dei suoi committenti.

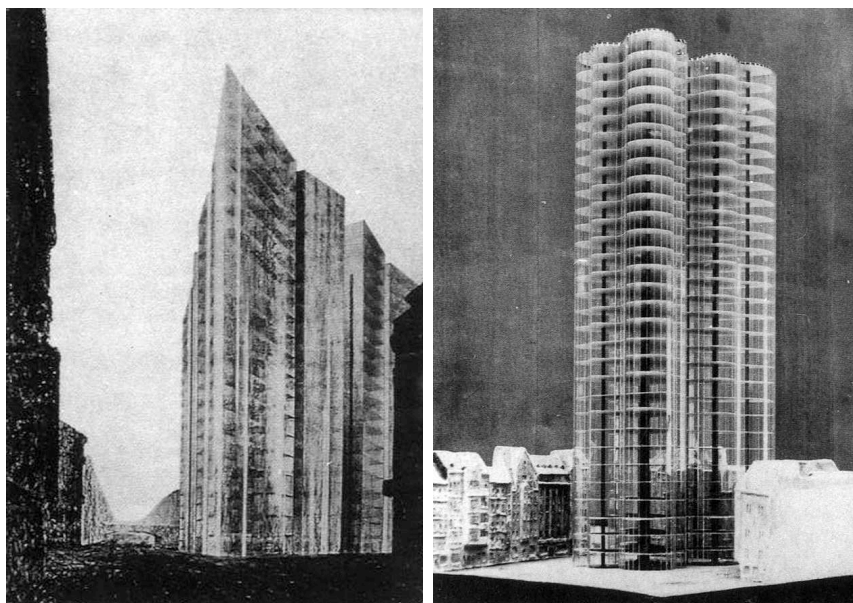
Così si esprimeva lo stesso Mies in un'intervista rilasciata nel 1950:

*"[...] architecture is an historical process. I belongs to the epoch. Since I understand that I would not be for fashion in architecture; I would look for more profound principles. And since I know we are under the influence of science and technology, I would ask myself what result comes from this fact? Can we change it, or can we not change it? And the answer to this question gave me the direction which I have followed. I have tried to make architecture for a technological society; I have wanted to keep everything reasonable and clear; to have an architecture that anybody can do."* <sup>(21)</sup>

L'architetto era dunque immerso nella cultura del suo tempo, come gli oltre ottocento volumi della sua biblioteca dimostrano comprendendo volumi sulle allora moderne tecnologie, sui temi della finanza, così come della trasformazione della produzione industriale e dell'ottimizzazione nei sistemi di produzione introdotti dalla Ford<sup>(22)</sup>, senza per questo dimenticare gli anni più intensamente speculativi della vita in Europa, come testimonia la riflessione mai conclusasi sul tema dell'edificio alto.

**Fig. 2.13**

Progetti per *Friedricstrasse*, Mies Van der Rohe, Berlino 1919 e 1921  
[fonte: LAMBERT, 2001]



Il grattacielo era stato da lui esplorato in molti progetti non realizzati e ancora, prima dell'esperienza del Seagram, nel progetto di edifici residenziali al *860-880 di Lake Shore Drive, Chicago*.

Questa esperienza fu di particolare importanza nella comprensione dell'uso e del costo delle struttura a telaio in acciaio. Ma l'uso che qui venne fatto dell'acciaio per realizzare tanto la struttura quanto *enclosure* non fu ancora economicamente *feasible* per una torre residenziale come invece nel caso del progetto per l'edificio alto in *Greenwald at 900 Esplanade* dove la più economica tecnologia dell'alluminio venne utilizzata.

Questa scelta comportò la risoluzione di diversi problemi progettuali, come affermato dallo stesso progettista:

*"when we changed from steel to aluminum, they worked for about a year to develop this skin. You have to change so many things. The expansion in aluminum is so much greater than in steel, and you know tall buildings wave, you have to allow more tolerances, and so we really had to change quite a lot."*

(23)

Quando Mies lavora al progetto e segue la realizzazione del *Seagram Building*, dal 1954 al 1958, la sua esperienza del contesto americano si era arricchita attraverso molteplici esperienze. Da quelle progettuali, a quella di direttore della facoltà di architettura all'*Illinois Institute of Thecnology*, ad altre



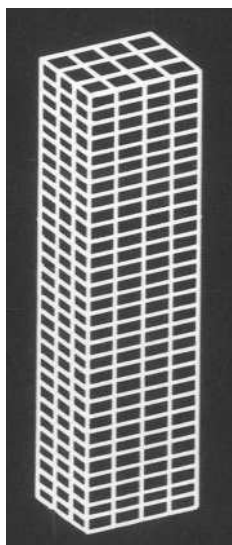
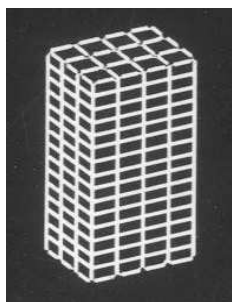
**Fig. 2.14**  
860-880, Lake Shore Drive  
Apartments, Chicago, 1949-51 e  
Seagram Building, New York, 1956-  
58.  
[fonte: LAMBERT, 2001]

personali come la conoscenza e collaborazione con l'architetto Philip Johnson. È nel progetto per il *Seagram Building* che questi due importanti esponenti della cultura architettonica del tempo si incontrano dopo essersi conosciuti in Europa nel 1930, mentre Philip Johnson stava affiancando Henry-Russell Hitchcock nel suo viaggio di ricerca durante la stesura del libro *The International style (1932)* <sup>(24)</sup>.

In questo stesso periodo Mies consolida anche alcuni rapporti che saranno importanti per tutta la sua carriera e ancora oggi. L'occasione del progetto del Seagram venne dalla sua studentessa, Phillis Bronfman Lambert, figlia del banchiere Samuel Bronfman proprietario dell'area su cui sorgerà l'edificio. Fu infatti lei a suggerirlo al padre come progettista per i suoi investimenti immobiliari.

Il *Seagram Building* fu realizzato per ospitare la sede della società *Joseph E. Seagram & Sons* il cui presidente era appunto Samuel Bronfman il era animato da un senso di pubblica utilità nel commissionare e finanziare un edificio che non rispondesse unicamente a logiche speculative di mercato. Questo presupposto lo guidò tanto nella scelta del progettista, come suggeritogli dalla figlia, tanto nel rapporto che instaurò con lui. <sup>(25)</sup>

Il rapporto di collaborazione e fiducia che si instaurò tra l'architetto e il suo committente si tradusse, ad esempio, nell'accettazione di criteri progettuali non propriamente in linea con un uso ottimale, nel senso della rendita fondiaria, del lotto e della quantità dei materiali impiegati.



Nella scelta delle tecnologie da impiegare, in particolare per la realizzazione del *curtain-wall* vetrato, Mies operò contemporaneamente nella direzione dell'innovazione e della tradizione. Scelse infatti di realizzare i telai delle facciate in bronzo, adattando la pionieristica tecnica dell'estrusione dell'alluminio, precedentemente sperimentata nel progetto del *900 Esplanade Apartment Building* a Chicago, al materiale che il committente preferiva.

*When Mies asked Samuel Bronfman, which materials he liked, at the mention of bronze, Mies translated his very recent experience with aluminum at 900 Esplanade into bronze for the Seagram Building<sup>(26)</sup>.*

Contestualmente, non essendo commercialmente disponibile una tipologia di vetro dalla tinta di grigio sufficientemente calda per adattarsi ai profili in bronzo le lastre vennero realizzate con l'antica tecnica definita *old pot* e non mediante processo industriale.

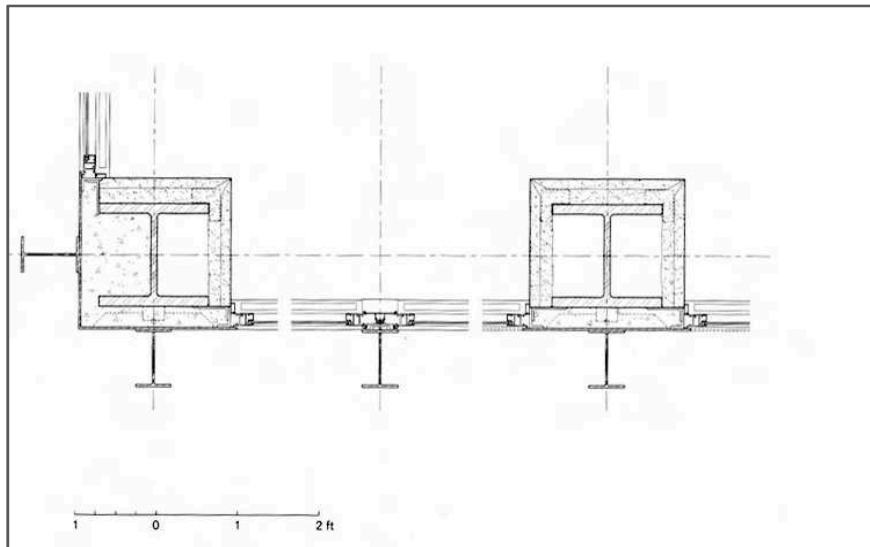
Dopo la costruzione del Seagram la medesima tinta fu commercializzata dall'industria<sup>(27)</sup>.

Il cantiere dell'edificio fu tuttavia una novità per il progettista. Viene infatti oggi ricordato come uno dei primi esempi di *fast-track construction* ovvero di cantiere dove la costruzione dell'edificio procede parallelamente alla progettazione dello stesso, imponendo dunque una diversa organizzazione delle fasi della progettazione e della produzione dei dettagli costruttivi.

**Fig. 2.15**

Evoluzioni delle strutture a telaio (al 1950-55): gabbia d'acciaio semi-rigida; gabbia d'acciaio rigida; gabbia d'acciaio controventata a corpo doppio.

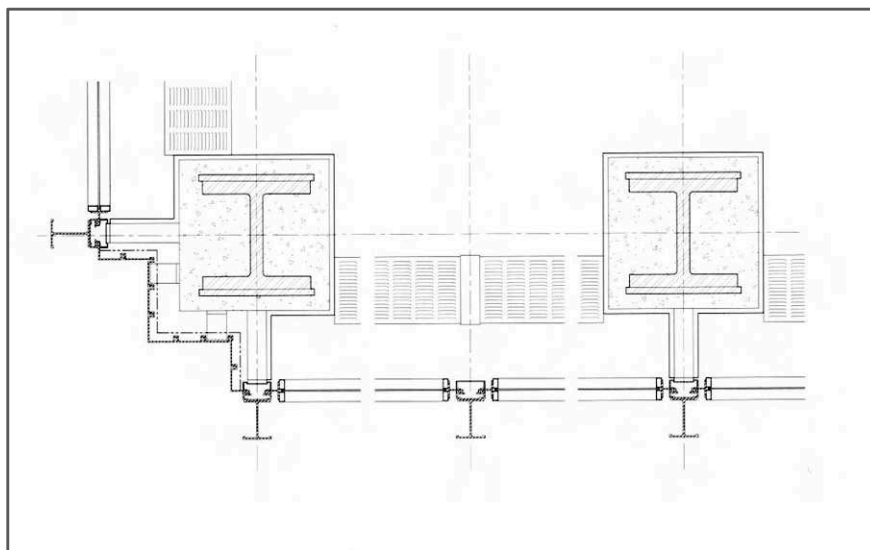
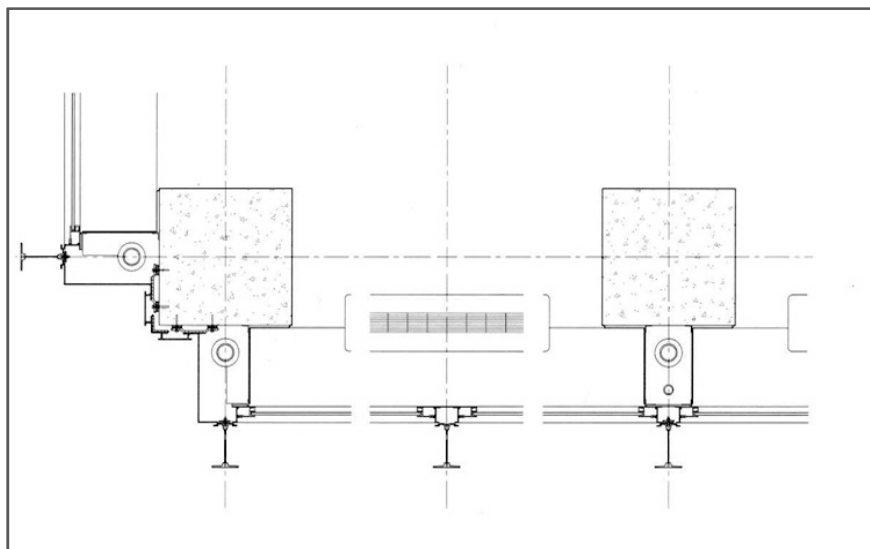
[Fonte : BENETT, 1999]

**Fig. 2.16**

Dettagli costruttivi dell'involucro, rispettivamente (dall'alto):

- struttura portante in acciaio, involucro in acciaio e vetro (*860-880, Lake Shore Drive Apartments, Chicago, 1949-51*);
- struttura portante in cemento armato, involucro in alluminio e vetro (*900 Esplanade Apartment Building, Chicago, 1953-56*);
- struttura portante in acciaio, involucro in bronzo e vetro (*Seagram Building, New York, 1956-58*).

[fonte: LAMBERT, 2001]





**Fig. 2.17**  
Progetto illuminotecnico per il Seagram Building: Richard Kelly, 1956-58.  
[fonte: NEUMANN, 2010]

### 2.2.3 Il ruolo di Richard Kelly, designer della luce

Nel contesto dell'architettura statunitense a cavallo degli anni Cinquanta del secolo scorso è di particolare rilevanza la figura di un altro architetto, Richard Kelly, ritenuto "one of the first independent architectural lighting designers."<sup>(28)</sup>

L'importanza del suo lavoro risiede innanzitutto nella stretta collaborazione che lo vide protagonista in progetti quali il Seagram building, appena analizzato, la Glass House di Philip Johnson<sup>(29)</sup> e il Kimbell Art Museum di Louis Khan.

La figura di Kelly testimonia come l'invenzione dell'elettricità e la sua applicazione progettuale negli edifici, nelle città e nel territorio abbia innescato processi innovativi nella fase ideativa dell'opera, prefigurando il ruolo che diversi specialisti oggi hanno a supporto della progettazione architettonica.

Tali furono infatti gli aspetti innovativi nell'uso della luce naturale e artificiale introdotti dall'opera di Kelly che è possibile leggerne le ricadute anche sulla cultura architettonica contemporanea.

Il recente progetto ad opera dello studio Renzo Piano BW per la Nuova sede del New York Times (200x-2008), impiega un sistema definito wall-washing progettato da OVI Lighting Design<sup>(30)</sup>, che rimanda al sistema progettato dallo stesso Kelly per il Seagram Building di Mies.

**Fig. 2.18**  
Progetto illuminotecnico e della luce naturale per la Glass House: Richard Kelly, 1945-1949.  
[fonte: NEUMANN, 2010]

**Romantic Lighting for a Glass House**

Type	Quantity	Description	Area	Power	Notes
A	12	Spotlights	100	100W	1200
B	12	Spotlights	100	100W	1200
C	12	Spotlights	100	100W	1200
D	12	Spotlights	100	100W	1200
E	12	Spotlights	100	100W	1200
F	12	Spotlights	100	100W	1200
G	12	Spotlights	100	100W	1200
H	12	Spotlights	100	100W	1200
I	12	Spotlights	100	100W	1200
J	12	Spotlights	100	100W	1200
K	12	Spotlights	100	100W	1200
L	12	Spotlights	100	100W	1200
M	12	Spotlights	100	100W	1200
N	12	Spotlights	100	100W	1200
O	12	Spotlights	100	100W	1200
P	12	Spotlights	100	100W	1200
Q	12	Spotlights	100	100W	1200
R	12	Spotlights	100	100W	1200
S	12	Spotlights	100	100W	1200
T	12	Spotlights	100	100W	1200
U	12	Spotlights	100	100W	1200
V	12	Spotlights	100	100W	1200
W	12	Spotlights	100	100W	1200
X	12	Spotlights	100	100W	1200
Y	12	Spotlights	100	100W	1200
Z	12	Spotlights	100	100W	1200

The architect's schedule for the lighting of the house and its surrounding area.



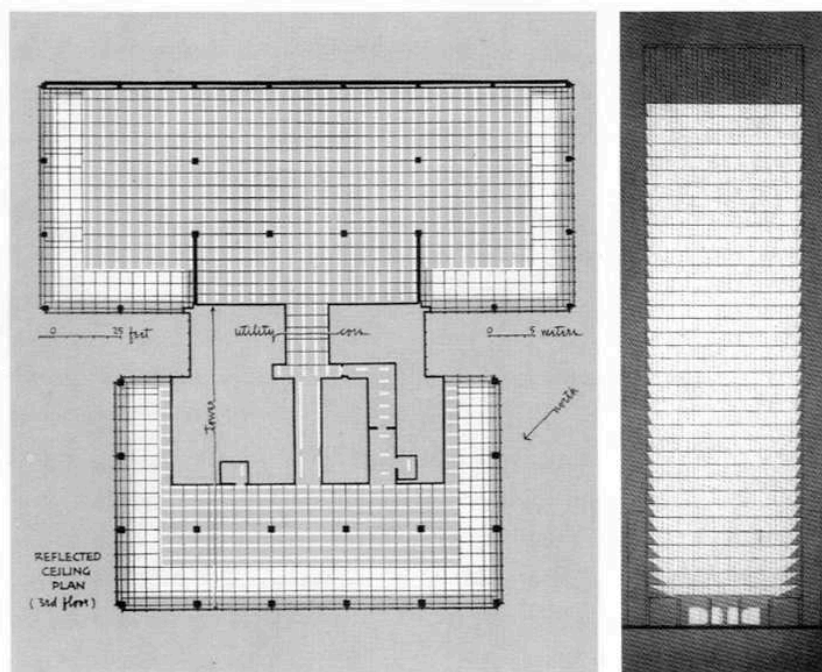
## Il progetto della luce per il *Seagram Building*

Per il progetto del *Seagram Building* Mies si fece affiancare da Philip Johnson e da Richard Kelly come *lighting designer*, dopo che quest'ultimo lo aveva già affiancato nel progetto del *860-880 Lake Shore Drive Apartment* a Chicago.

In collaborazione con l'ingegnere illuminotecnico e produttore Edison Price Kelly progettò un sistema su misura definito *wall-washing* impiegando l'allora recente sistema di illuminazione zenitale a soffitto, mediante lampade appositamente alloggiati in riseghe lungo il perimetro degli ambienti e direzionabili verso l'oggetto da illuminare<sup>(31)</sup>.

L'illuminazione degli ambienti era stata pensata complessivamente con il duplice scopo di avere livelli di illuminazione variabile, diurna e nelle ore serali, e garantire, in particolare al calare del sole, un'immagine scenografica dell'edificio, fatto che gli valse appunto l'appellativo di "*Tower of light*" in un articolo apparso sull'edizione domenicale del *New York Times* del 7 Aprile 1957.

Il progetto illuminotecnico fu seguito da Kelly e dai suoi collaboratori fino alla scelta più idonea dei corpi illuminanti. Kelly specificò infatti l'uso di lampade fluorescenti dal colore bianco avorio, che si sarebbero relazionate meglio con il colore del *curtain-wall* in bronzo e vetro<sup>(32)</sup>.



**Fig. 2.19**  
Progetto illuminotecnico e della luce naturale per il *Seagram Building*: Richard Kelly, 1956-58.  
[fonte: NEUMANN, 2010]

### **Il progetto della luce per il *Kimbell Art Museum* e per lo *Yale Center for British Art***

Altrettanto interessanti sono le soluzioni progettuali che Kelly elabora a fianco di Louis Kahn, qualche anno più tardi. In particolare il suo progetto per il *Kimbell Art Museum* di Louis Kahn (1966-1972) è considerato la sua più riuscita realizzazione in cui centrale è il ruolo della luce naturale, integrata alla luce artificiale.

Questo progetto e quello per lo *Yale Center for British Art* (1969-1974) sono accomunati innanzitutto dalla particolare occasione di realizzazione di uno spazio espositivo e museale. Interessante in tale contesto, in particolare per il secondo progetto, il ruolo del committente nella fase di programmazione dell'opera.

Nonostante le diverse condizioni del sito Kahn e Kelly optarono, per entrambi i progetti, per una illuminazione zenitale, diffusa attraverso particolari configurazioni delle aperture e dalle riflessioni generate dai sistemi di copertura adottati nelle due sale. In entrambi i casi prevedendo, inoltre, l'integrazione con i sistemi impiantistici per l'illuminazione artificiale.

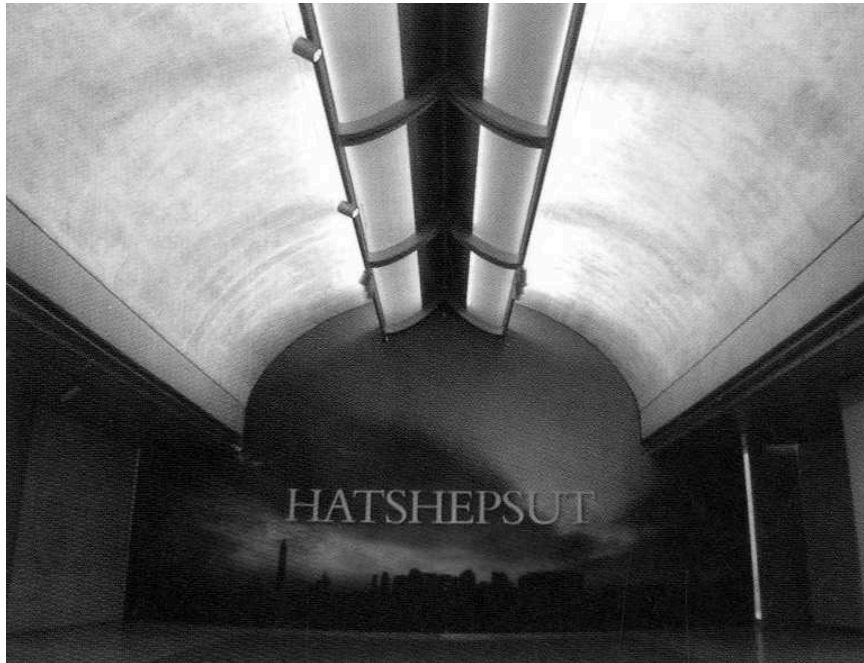
Per far fronte alle diverse condizioni ambientali estere invece, pur riferendosi ai medesimi criteri di progetto, i due progettisti optarono per profili diversi delle coperture. Si trattava di controllare infatti non solo l'ingresso della luce naturale, bensì anche il conseguente guadagno termico che ne derivava.

Era questo in particolare il caso del *Kimbell Art Museum* dove accanto ad una dimensione ridotta della superficie vetrata in copertura (più che sufficiente, viste le locali condizioni di soleggiamento, a valorizzare l'ingresso della luce naturale) venne associato un profilo di volta realizzato con travi in cemento realizzato in opera di sezione cicloide e alloggiate lungo l'asse nord-sud dell'edificio.

Kelly seguì tutte le fasi della progettazione.

*"Kelly was present right from the start of the design process for the Kimbell, at the early conceptual stage even before budgets were set or structure determined."*<sup>(33)</sup>

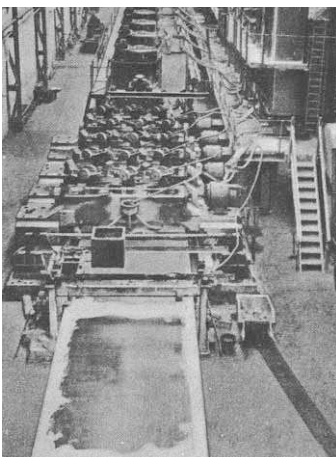
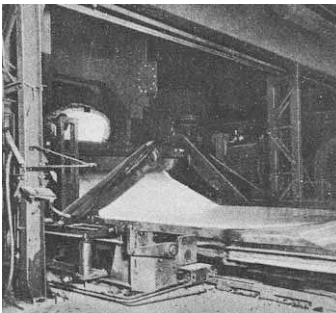
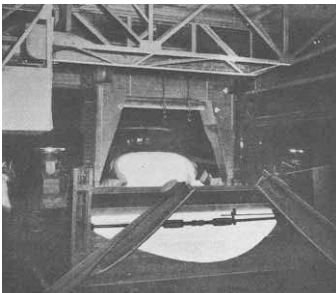
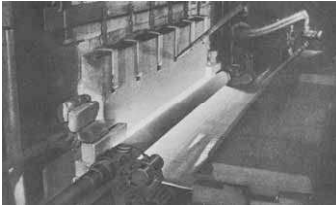
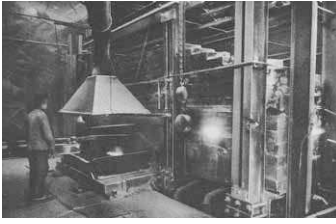
*For the Kimbell, Kahn made a point of crediting Kelly's involvement at "the inception of the idea of the shell, skylight and lighting fixture integration as far back as the preliminary design."*<sup>(34)</sup>



**fig. 2.20**

Progetto illuminotecnico e della luce naturale: *Kimbell Art Museum*, Louis Kahn e Richard Kelly, (1966-1972); *Yale Center for British Art*, Louis Kahn e Richard Kelly, (1969-1974). [Fonte: NEUMANN, 2010]





**Fig. 2.21**  
Sistemi meccanizzati di produzione delle lastre. [Fonte: GAGLIARDI, 1945]

## 2.2.4 L'avvio della produzione industriale del vetro e le scienze applicate

All'inizio del XX secolo anche la produzione del vetro si trasforma nel senso della meccanizzazione delle principali fasi di produzione delle lastre e degli oggetti d'uso quotidiano. Questo passaggio avvenne in un momento di sostanziale crisi nel ramo dell'industria vetraria del vetro piano. Il metodo a soffio era ancora il più diffuso e la crescente richiesta di lastre di vetro veniva soddisfatta con sempre maggiore difficoltà. La stessa manodopera iniziava a scarseggiare in ragione anche del lasso di tempo necessario per addestrare nuovi artigiani.

Si avviarono così, parallelamente, ricerche in Europa e negli Stati Uniti, e da quel momento un numero elevato di brevetti si susseguirono grazie alle ricerche condotte in entrambi i continenti e ai sempre più diffusi scambi commerciali, grazie ai quali si ebbe una rapida diffusione delle conoscenze<sup>(35)</sup>.

Nel 1903 il vetraio americano *J. H. Lubbers* ideò un sistema di produzione dei cilindri mediante soffiatura, che fu subito adottato dall'*American Window Glass Company* che divenne, negli anni seguenti, la più importante fabbrica per la produzione di vetro in lastre, determinando la chiusura di molte vetrerie tradizionali. È stato stimato infatti come nel 1919 circa il 70% dell'intero consumo di vetro in lastre negli Stati Uniti provenisse da produzione meccanica.

Pur avendo eliminato la fatica del soffiatore il metodo rimaneva molto simile a quello antico: il lavoro dell'uomo era stato sostituito con quello delle macchine solo, allora, per la fase di soffiatura, mentre quelle successive di taglio e levigatura continuarono ad essere operazioni manuali.

Erano tuttavia stati fatti grossi passi avanti dal punto di vista della varietà di prodotti realizzabili: dimensioni maggiori delle lastre, diversi tipi di spessore. Perduravano però alcune caratteristiche, ritenute negative, derivanti da un sistema di produzione molto simile a quello artigianale; era il caso delle imperfezioni superficiali (onde) dovute alla produzione a soffio. Tale caratteristica ritenuta oggi segno pregiato di tecnica e abilità manuali era considerata al tempo, infatti, di impedimento al progredire degli studi sulle proprietà ottiche del materiale. Occorreranno ancora diversi anni perché si ottengano delle lastre dalle proprietà fisiche soddisfacenti e più omogenee.

Alcuni passi avanti vennero compiuti contestualmente in America e in Belgio intorno al 1917 quando rispettivamente *Irwing. W. Colburn* e *Emile Fourcault* idearono due macchine per il tiraggio delle lastre direttamente dal forno. Sono questi i primi brevetti che determinano il passaggio a una nuova

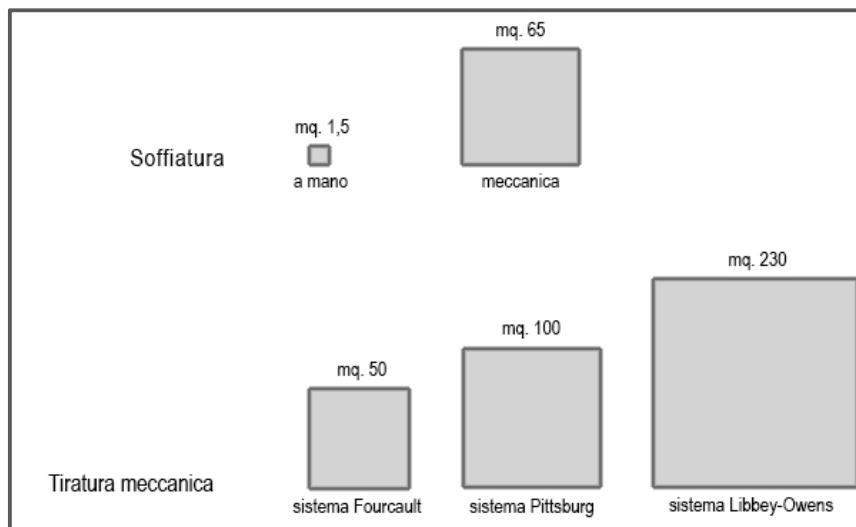


fig. 2.22

Produzione media oraria di vetro in lastre: confronto tra la produttività ottenuta mediante metodo tradizionale di soffiatura, per soffiatura meccanizzata, e i successivi sistemi di produzione di tiratura meccanica delle lastre [Fonte: GAGLIARDI, 1945]

stagione della produzione industriale del vetro e che consentiranno, nei decenni successivi, di concentrare gli studi sulla miscela delle materie prime, sul controllo della temperatura dei forni e sull'ottenimento di lastre piane dalle facce parallele che consentiranno, a loro volta, il progredire degli studi di ottica applicata.

Così nel 1925 la produzione di lastre di vetro era suddivisa, secondo i metodi di produzione, in lastre ottenute mediante:

- soffiatura;
- tiratura a macchina;
- laminazione con sistema non continuo (vetro colato);
- laminazione con sistema continuo.

In base alle caratteristiche ottiche invece:

- lastre trasparenti;
- traslucide;
- opache.

Fino agli anni Sessanta le innovazioni nella produzione delle lastre procedettero nel senso del perfezionamento dei metodi di tiratura. Si trattava sostanzialmente di controllare i passaggi di temperatura nei diversi ambienti incontrati dalla miscela vitrea fino al suo completo raffreddamento al fine di non ottenere il ritiro delle lastre e, conseguentemente, imperfezioni che ne avrebbero compromesso il comportamento meccanico, così come la produzione di grandi quantità di scarti di lavorazione. Questi procedimenti prevedevano infatti che tutte le operazioni successive di taglio e finitura delle lastre venissero compiute manualmente.

fig. 2.23

Schema del sistema produttivo per vetro float (1953-57).

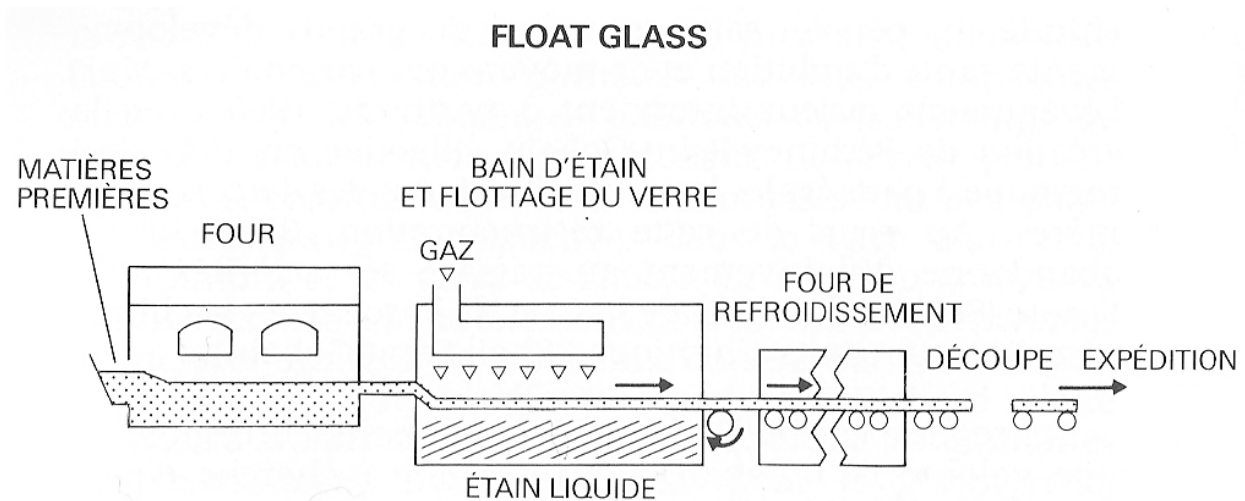
[Fonte: HAMON, 1998]

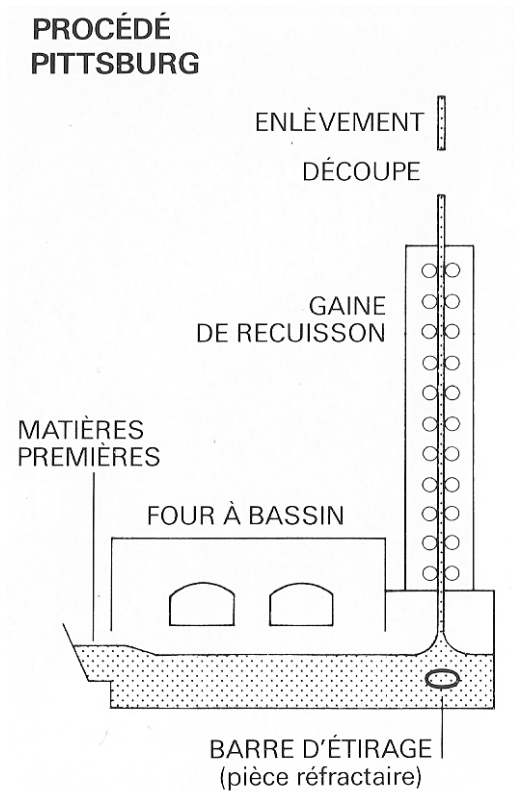
### Il metodo float-glass

Si deve però attendere il susseguirsi di alcuni brevetti della *Pilkington and Brothers* tra il 1953 e il 1957 perché si pongano le basi per gli attuali studi di ottica applicata alla tecnologia del vetro grazie alla produzione di lastre omogenee, sia nell'impasto sia superficialmente.

Quando Sir Pilkington iniziò a sviluppare il suo procedimento l'obiettivo era quello di ottenere, a costi inferiori, il vetro della qualità necessaria alla produzione di finestrini per auto, specchi ed altri impieghi in cui fosse necessaria l'assenza di aberrazioni visive. Fino ad allora, essendoci contatto tra le lastre di vetro ed i rulli di trasporto, le superfici restavano, se non ondulate, comunque segnate e dovevano essere quindi successivamente molate e lucidate per renderle otticamente perfette nel prodotto finale.

Questo metodo di produzione, da cui oggi si ottiene circa il 90% della produzione di vetro in lastre, consiste nell'introdurre il miscuglio vetrificabile in un forno dove viene fuso ad una temperatura prossima ai 1550° C. Il vetro allo stato pastoso è poi versato su di un bagno di stagno fuso a circa 1000° C ove, presentando una densità maggiore, galleggia. Alcuni dispositivi permettono l'accelerazione o il rallentamento dello spandersi del vetro per determinare lo spessore delle lastre, standardizzato tra i 2 e i 22 mm. Il prodotto è poi "lucidato a fuoco", cioè riscaldato ancora su entrambi i lati per ottenere così due superfici perfettamente parallele, cioè immuni da aberrazioni. All'uscita dal bagno di stagno, il nastro di vetro è praticamente ormai rigido e passa attraverso tunnel di raffreddamento che ne abbassano la temperatura da circa 600° C alla temperatura ambiente, preparandolo per le successive operazioni di taglio.

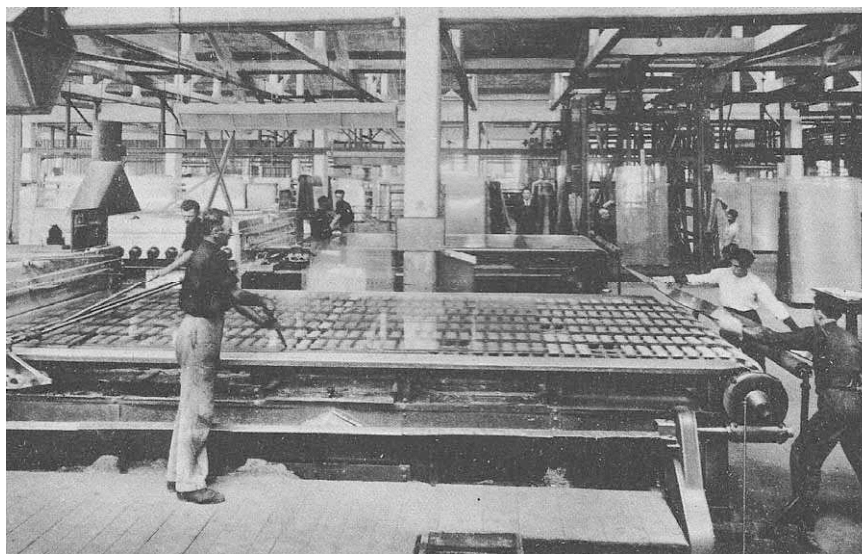




**fig. 2.24**

Schema del sistema produttivo: secondo il metodo *Pittsburg*, 1925 (produzione media oraria 100 mq); secondo il metodo *Libbey-Owens*, 1917 (produzione media oraria, 230 mq).

[Fonte: HAMON, 1998]



### 2.3 Lo sviluppo dell'industria del vetro: il secondo Novecento e la specializzazione dei saperi

Fino agli anni Sessanta del Novecento l'industria del vetro piano svolge un ruolo primario nell'innovazione dei prodotti e nello studio dei campi d'impiego del materiale. È in tale periodo, infatti, che vengono avviati studi specifici destinati all'impiego del materiale nel settore delle costruzioni, quali gli studi:

- sulle proprietà luminose del materiale;
- sul comportamento termico del materiale;
- sul rapporto tra prestazioni e lavorazioni (in particolare le operazioni di taglio);
- sulla tenuta e compatibilità dei giunti;
- sulle proprietà luminose e termiche dei primi sistemi a doppio involucro;
- su lavorazioni speciali (il vetro curvo);
- sul rapporto tra caratteristiche del materiale, condizioni d'uso e morfologia degli edifici.

L'insieme di tali saperi si sviluppa, in particolare, grazie agli studi condotti dalle grandi compagnie che operano a livello mondiale nella produzione e lavorazione del vetro quali: la *Compagnie de Saint-Gobain*<sup>(36)</sup>, la *Pilkington & Brothers*<sup>(37)</sup> e la *Pittsburgh Plate Glass Industries* (PPG Industries)<sup>(38)</sup>, che ancora oggi rappresentano i leader del settore.

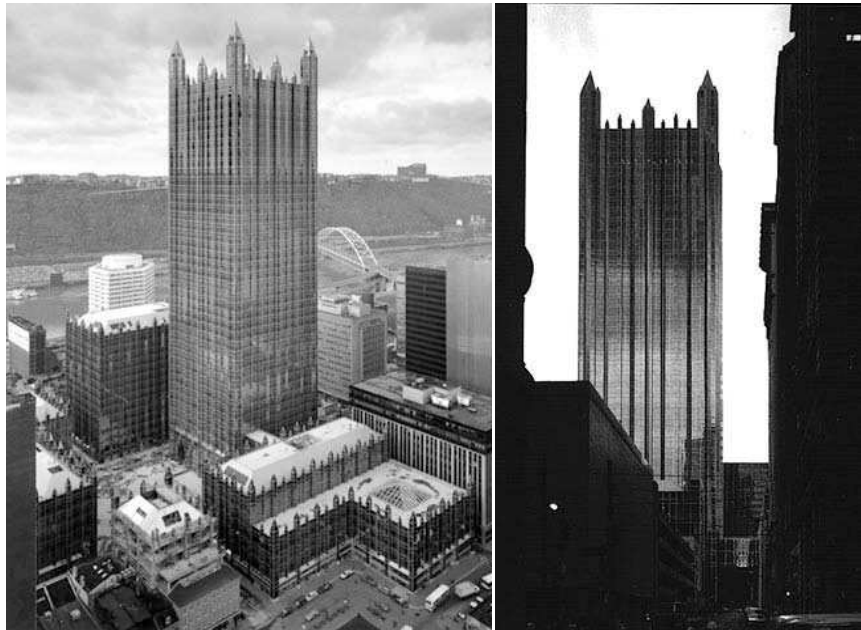
Alla fine degli anni Cinquanta il brevetto della *Pilkington* per la produzione di lastre mediante il noto metodo *float* amplia, raddoppiandolo, il mercato della produzione e dell'impiego del vetro nel processo edilizio. Sul mercato si impongono nuovi interlocutori; produttori che si specializzano in un'unica produzione o in specifiche lavorazioni. Sono tali industrie quali *Guardian Industries*<sup>(39)</sup> o *Ashai Glass*<sup>(40)</sup>.

I metodi industriali del processo di stiratura o di stampaggio non vengono abbandonati, né nella produzione né nell'impiego, tuttavia è a partire da questo momento che si aprono nuove possibilità di ricerca nel campo dell'architettura, grazie alle specifiche prestazioni garantite dal materiale.

L'interesse si rinnova, in questo contesto, relativamente ai requisiti di:

- sicurezza strutturale;
- isolamento termico-acustico.



**Fig. 2.25**

Sede della *Pittsburgh Plate Glass Industries*, Johnson & Burgee Architects, Pittsburgh, 1979-84.  
[Fonte: *Philip Johnson and Alan Ritchie architects*, sito ufficiale]

In questo quadro si collocano le opere di importanti ingegneri, quali Peter Rice, o di studi professionali quali Renzo Piano e Richard Rogers o Foster and Partners che consolidano, attraverso collaborazioni che ancora oggi si conservano, il ruolo di altri interlocutori, i quali si pongono in una posizione intermedia tra gli studi di architettura e i produttori di materiali e componenti. È il caso dell'azienda multinazionale di servizi *Arup* che si è imposta sul mercato, a partire dal 1946, come referente per l'ingegnerizzazione di prodotti e di processi, nonché nel campo della ricerca scientifica nei settori del costruito.

In particolare per quanto riguarda la tecnologia del vetro il ruolo che tali strutture professionali assumono è, sempre più frequentemente, quello di consulenti alla progettazione di strutture d'involucro e di copertura, ponendosi in questo modo come intermediari tra gli obiettivi specifici del progetto, le possibilità della tecnica e le scelte che il mercato rende disponibili.

L'innovazione nella filiera della produzione del vetro e il suo impiego in architettura e in edilizia ha portato, negli ultimi cinquant'anni, al moltiplicarsi di produttori e professionalità sempre più impegnate in campi specifici dell'intero processo, ai quali il progetto di architettura, e chi lo gestisce, non può non attingere e riferirsi nel momento in cui si confronta con tali tecnologie. Un esempio in questo senso è il gruppo *Permasteelisa* che costituisce un *network* di oltre cinquanta aziende impegnate in progettazione, ricerca, sviluppo e produzione di soluzioni di involucro in alluminio, acciaio e vetro, anche per forme complesse. Fondata nel 1973 con il nome di *ISA* ha conosciuto uno sviluppo

internazionale a partire dal decennio successivo divenendo fornitore di servizi di ingegnerizzazione e gestione del progetto in progetti quali la *Bank of China*, progettata dallo studio *I.M. Pei & Partners*, lo *Shanghai World Financial Center* su progetto dello studio *Kohn Pedersen Fox and Associates* o di altri in collaborazione con lo studio *Foster and Partners* o con lo studio *Pei Cobb Freed & Partners*, solo per citarne alcuni.

Il ventaglio di scelte, decisioni e risorse che si offrono al progettista risulta in questo modo tanto complesso quanto il numero di attori che si rende necessario coinvolgere nelle diverse fasi della progettazione, al fine di controllare la qualità complessiva del progetto. Ciascuno di tali interlocutori possiede, dal produttore all'ingegnere di processo, le conoscenze e gli strumenti per valutare la compatibilità tra sistemi e sub-sistemi, ma solo al responsabile della progettazione spetta il compito di raccogliere tutte queste informazioni e leggerne la compatibilità con l'insieme degli obiettivi progettuali, quali: la destinazione d'uso e la tipologia; le prestazioni complessive garantite; i costi.

Nel caso di una progettazione così articolata, la realizzabilità di un'idea coinvolge un numero di saperi e interlocutori maggiore rispetto ad un progetto più "tradizionalmente" inteso. Un progetto cioè nel quale il progettista o il gruppo di progettisti possiede, magari all'interno di una medesima struttura organizzativa come uno studio professionale, la maggior parte degli elementi necessari alla scomposizione del problema progettuale in tutte le sue parti e ne affida solo poche, come avviene per la progettazione strutturale o per gli impianti, al di fuori della propria organizzazione.

In un contesto come quello indagato, al contrario, si legge la necessità del progettista di devolvere un numero sempre più ampio di fasi o parti della progettazione all'esterno, in virtù della necessità di controllare comunque in un tempo finito gli esiti del proprio lavoro progettuale; tempo che non sarà mai sufficiente affinché lo stesso progettista sia in grado di verificare anche le parti più a valle del processo.

Diviene in questo modo centrale l'attività di "controllo" che il progettista riesce a esercitare sugli attori coinvolti, al fine di non impoverire la qualità della propria idea di progetto o, nel peggiore dei casi, di non scoprirne l'irrealizzabilità.

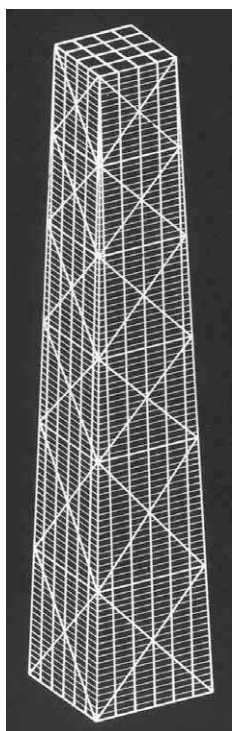
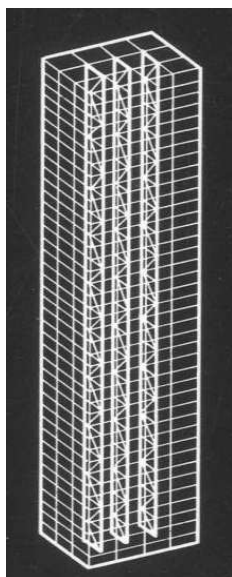
Nell'evoluzione della tecnologia del vetro e nel suo impiego nel costruito si leggono, tuttavia, non solo le difficoltà connesse alla gestione del processo che si presentano a chi coordina il progetto architettonico, ma anche molteplici opportunità in quanto la tecnologia del vetro è coinvolta, da sempre, nei più avanzati processi di concezione e realizzazione di edifici. Chi dunque è

**Fig. 2.26**

Progetti contemporanei ai quali la società *Ove Arup* ha partecipato per lo sviluppo di analisi ambientali e per l'ingegnerizzazione di sistemi tecnologici in vetro: *Seattle Central Library*, OMA, 2004; *30 St. Mary Axe*, Londra, Foster & Partner, 2000-2004; *GreenPix*, Beijing, Giochi Olimpici, 2008, Simone Giostra & Partners.  
[Fonte: Ove Arup, sito ufficiale]

stato attore nella fase di progetto ha potuto attingere, fino a oggi, alle più attuali riflessioni e necessità che hanno nel tempo caratterizzato le organizzazioni produttive. Sono stati tali, ad esempio, gli studi condotti sulle opportunità offerte dalle tecnologie a secco per il rapido svolgimento delle operazioni di cantiere, così come gli studi energetici condotti già negli anni Cinquanta, molto prima che la Crisi Energetica, la prima, fosse conclamata. A questi studi appartengono quelli condotti dalla *Libbey-Owens-Ford Glass Company*<sup>(41)</sup>, già proprietaria del primo sistema meccanizzato di colatura del vetro per la produzione di lastre. Nel 1947 la multinazionale americana pubblicò un testo *Your solar home*<sup>(42)</sup>. le ricerche condotte dall'azienda in risposta alla crescente richiesta di "case passive" in territorio statunitense.

Oggi al centro del dibattito si pongono, tanto nelle filiere produttive propriamente dette quanto nel progetto, gli obiettivi di sostenibilità ambientale e di qualità del costruito e il ruolo che la tecnologia del vetro può positivamente ricoprire.



**Fig. 2.27**

Evoluzioni delle strutture a telaio (al 1966-75): doppia controventatura a traliccio; guscio a controventatura esterna.

[Fonte : BENETT, 1999]

## 2.4 Verso la contemporanea industria del vetro: criteri di sostenibilità ambientale

Se per alcuni decenni, in particolare negli anni tra le due guerre, gli studi e le ricerche si concentrarono in particolare sull'innovazione dei prodotti vetrari destinati al mercato delle costruzioni, nel secondo dopoguerra vennero approfonditi gli studi ambientali intorno ai fattori che influenzano, in particolare, le condizioni di illuminazione naturale e del comportamento energetico degli edifici in presenza di ampie superfici disperdenti (quali appunto quelle vetrate).

Le stesse multinazionali produttrici del materiale iniziarono ad approfondire le condizioni di una buona illuminazione naturale correlando i parametri fisici ambientali, con quelli fisico-tecnici del materiale e con le condizioni morfologiche degli edifici. Queste ultime vennero esplorate tanto dal punto di vista dell'illuminazione laterale (quella garantita in misura diversa dall'involucro esterno degli edifici o in generale dalle partizioni verticali) quanto dell'illuminazione zenitale garantita invece dalle strutture di copertura.

Gli studi prodotti e divulgati dalla Compagnia *Saint-Gobain* sono un esempio di come la stessa filiera industriale promuovesse uno studio complessivo delle condizioni di impiego della tecnologia del vetro, ai fini della massima valorizzazione e utilizzo efficace dei propri prodotti.

La stessa attenzione viene riservata agli aspetti di protezione dal rumore così come di controllo della radiazione solare trasmessa dal materiale in precise condizioni di morfologia di componenti o di interi edifici.

Elemento centrale in tutti questi studi sarà, da questo momento in avanti, il tema del *comfort* degli ambienti interni e dunque del controllo degli aspetti fisiologici che sono il risultato dell'interazione tra le condizioni ambientali e la presenza dell'utente.

Negli anni Sessanta e Settanta tuttavia questi studi condotti efficacemente su singoli componenti non trovano adeguati strumenti di verifica per quanto concerne il "sistema edificio" nel suo complesso. Gli studi nel campo dell'ottica e della termodinamica avevano già conosciuto ampi sviluppi, tuttavia nel settore delle costruzioni le condizioni progettuali che la moderna tecnologia del vetro imponeva non erano complessivamente e puntualmente valutabili e spesso era solo l'edificio costruito a rendere evidenti i limiti della tecnologia. Così era accaduto nel caso emblematico della *John Hancock Tower*, in cui un

non prevedibile comportamento rigido dei giunti determinò il fratturarsi di un elevato numero di lastre. Allo stesso modo nel decennio successivo un vasto patrimonio immobiliare fu sottoposto a numerose critiche per le condizioni climatiche interne determinate da involucri vetrati non adeguatamente schermati, tali da determinare fenomeni di disturbo visivo (abbagliamento), di eccessivo surriscaldamento estivo o di dispersione termica invernale.

Ciononostante affiorava un rinnovato interesse per questi temi in quanto il vetro continuava ad essere considerato, come ancora oggi, il materiale imprescindibile nel progetto di architettura che vede nella luce naturale una risorsa sia dal punto di vista figurativo sia tecnico-prestazionale.

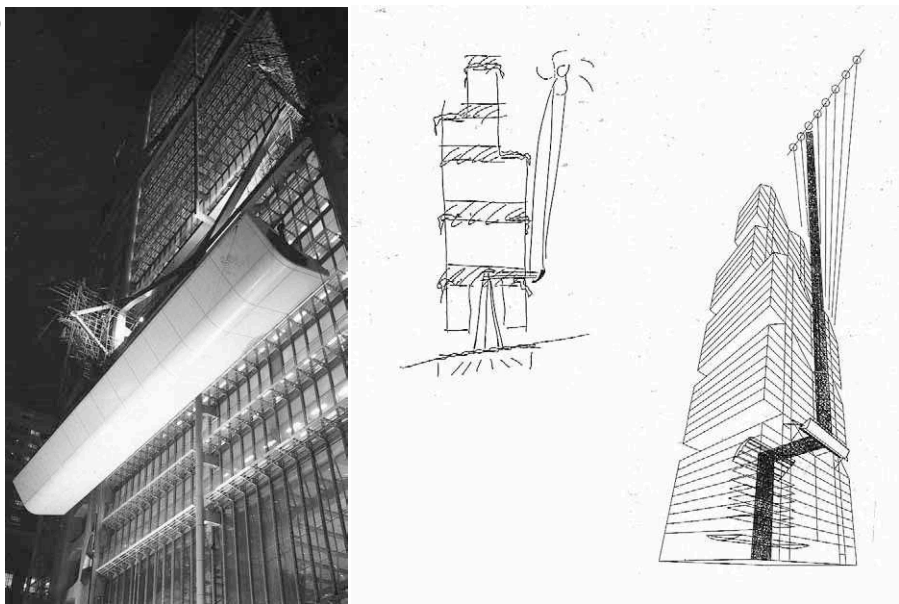
Questo panorama contribuì a rendere il contesto produttivo e di conseguenza quello progettuale più complessi. Il mercato della produzione si segmentò ulteriormente; non solo i produttori del materiale, di infissi e di componenti di facciata ampliarono la gamma dei propri prodotti, ma nacque un nuovo mercato: quello dei sistemi di controllo solare, prima fissi poi dinamici. La tecnologia del vetro ha avuto anche in tale contesto un ruolo determinante. Inizialmente questi componenti aggiuntivi, essenzialmente sovrastrutture di facciata, vennero realizzati con materiale opaco quale laterizio o pietra, mentre più recentemente sono sempre più diffusi sistemi che impiegano, ad esempio, *brise-soleil* vetrati o dei sistemi tessili<sup>(43)</sup>. Tanto nel primo caso quanto nel secondo il tema dell'integrazione tra i diversi componenti risulta centrale nel progetto di architettura, così come la capacità di prevedere le configurazioni "minime" necessarie al controllo dell'irraggiamento solare. Nel caso poi dell'impiego del vetro anche in questi sistemi le condizioni d'uso che devono essere previste sono complicate dal fatto di dover contrastare la maggiore possibilità di fenomeni di abbagliamento e riflessione.

Questi ultimi studi si collocano in un più ampio orizzonte di ricerca che vede oggi rinnovata e ampliata la gamma dei cosiddetti *daylighting systems*, tra i quali si colloca, ad esempio, il progetto dello studio Foster & Partner per la nuova sede della *Hong Kong Bank* in Cina o dello studio Renzo Piano Building Workshop per la *Debis Tower* di Berlino. Fanno parte di questi sistemi gli accorgimenti costruttivi, i dispositivi impiantistici e tecnologici che consentono la captazione, il trasposto, la distribuzione e il controllo della luce naturale. Questi sistemi si propongono come complementari allo studio del posizionamento di aperture e all'impiego di superfici riflettenti, in prossimità di tali aperture o nella profondità dei vani, al fine di amplificare le riflessioni dei raggi solari e dunque l'effettiva intensità luminosa dell'ambiente derivante da luce naturale. Tali sistemi agiscono in particolare nel senso di una maggiore diffusione della luce e pertanto sono da considerarsi funzionali al miglioramento del *comfort* visivo.

In commercio esistono dispositivi molto sofisticati (come i Dispositivi tubolari o *Tubular daylighting devices*, o i *light shelves*), come il già citato periscopio solare usato nel progetto della Hong Kong Bank, ma è possibile rintracciare nel progetto attuale di architettura strategie costruttive che vanno nella medesima direzione a fronte, inoltre, di costi minori di costruzione e gestione. Il progetto dello studio *Steven Holl* per l'ampliamento del Museo di Kansas City ne costituisce un esempio. La conformazione delle aperture in copertura così come la sezione dei soffitti interni in corrispondenza delle stesse all'interno delle sale espositive e, infine, la tipologia di finitura impiegata e la sua colorazione sono precise scelte fatte nella direzione di una maggiore diffusione della luce naturale.

**Fig. 2.28**

Vista del periscopio solare nell'edificio della *Hong Kong Bank*, Hong Kong, Foster & Partner, 1979-1986.  
[Fonte: BENNETT, 1996]



## 2.5 Limiti e fattori di diffusione della tecnologia del vetro

Il panorama contemporaneo offre una molteplicità di soluzioni sia nella gamma del materiale sia nella gamma dei sistemi nei quali il vetro si colloca o con i quali interagisce. Il progettista che affronta un progetto di questa complessità si trova a coordinare una molteplicità di aspetti formali, tecnologici ed economici che concorrono congiuntamente a definire i criteri di realizzabilità del progetto.

Tra i diversi fattori di diffusione della tecnologia studiata rientrano oggi anche le riflessioni sulla sostenibilità del costruito e sulla certificazioni di prodotti, edifici e processi progettuali. In sistemi di certificazione quali il LEED, per citarne uno tra i più diffusi, centrale è l'impiego di strategie per la valorizzazione di risorse rinnovabili, quali la luce, che determinano un rinnovato interesse per lo studio delle caratteristiche ottiche e termiche del vetro nel progetto di architettura.

Questi aspetti sono indagati oggi tanto dai progettisti quanto dai committenti che vogliono perseguire il tema della sostenibilità nei propri progetti e investimenti spinti tanto da motivazioni di carattere politico quanto economico.

Con qualunque fine vengano perseguiti oggi tali criteri di sostenibilità ambientale, che nel costruito rimandano anche allo studio sulla durabilità degli edifici e sui rispettivi costi d'uso, i processi di certificazione o anche l'applicazione di singole strategie di sostenibilità energetica degli edifici possono leggersi come ulteriori opportunità di ricerca per il progetto di architettura che, tuttavia, dovrà affrontare ulteriori aspetti di complessità.

La presente ricerca si pone come strumento per leggere e gestire tale complessità, con l'obiettivo primario di fornire a chi coordina il progetto architettonico uno strumento per verificare la fattibilità delle proprie idee, comunicarle e giustificarle a chi, committente o suo rappresentante, le valuterà in primo luogo dal punto di vista dei parametri finanziari.

## NOTE

(1) Il metodo del *coulage* è considerato il più antico metodo di laminazione conosciuto. Esso consisteva nel versare l'impasto vitreo, in forma semi-viscosa, su di una tavola di metallo sulla quale dei regoli fissavano le dimensioni e lo spessore desiderato. Attraverso un procedimento di tiratura, a mezzo di un rullo in rame, era così possibile ottenere lastre anche di tre metri di lunghezza. Ottenuta la dimensione e lo spessore desiderati, la lastra veniva introdotta nel retrostante forno per un raffreddamento progressivo che durava da uno a svariati giorni. "La fabrication des glaces aux XVII et XVIII siècles", in HAMON, Maurice, *Du soleil à la terre. Une Histoire de Saint-Gobain*, pp. 24-25.

Prima dell'avvento della meccanizzazione nella produzione delle lastre di vetro, questa tecnica non solo risultava estremamente costosa ma era soprattutto responsabile del mancato parallelismo tra le due facce della lastra; fatto che determinava le caratteristiche aberrazioni visive, tipiche del vetro lavorato artigianalmente.

(2) In TAIT, Hugh, "Europe from the Middle Ages to the Industrial Revolution", in *Five thousand years of glass*, London, British Museum Press, 1991, pp. 145-187.

(3) In BIE, *Bureau International des Expositions*, sito ufficiale [www.bie-paris.org](http://www.bie-paris.org), alla voce : *Historical Expos.*

(4) LANDES, David S., "L'emulazione continentale", in IPrometeo liberato. mLa rivoluzione industriale in Europa dal 1750 ad oggi, Torino, Einaudi, 1978, p. 164, ed. italiana di, *The unbound Prometheus*, Cambridge University Press, 1969.

(5) La formazione di Joseph Paxton e gli anni che precedettero l'esperienza del Crystal Palace sono ben descritti in MC KEAN, John, "A new man enters", in *Crystal Palace. Joseph Paxton and Charles Fox*, London, Phaidon, p.13.

(6) MC KEAN, John, "Paxton arbo-vitreous designer", in Op. Cit., p.14-15.

(7) Si passò cioè dal tradizionale metodo di soffiatura (detto in area anglosassone *Crown glass*) a un metodo che consisteva nel far oscillare il cilindro, soffiato ma ancora caldo, in una fossa, così da ottenere, per rotazione, un allungamento del cilindro, non raggiungibile con il solo metodo della soffiatura. Il cilindro veniva poi fatto raffreddare e nuovamente scaldato prima del taglio, secondo il procedimento tipico della tempra, che rendeva la lastra finita molto più resistente. Quando Paxton visitò la fabbrica di Robert L. Chance richiese e ottenne un'ulteriore modifica nelle caratteristiche delle lastre, ovvero di passare da una dimensione massima di tre piedi di lunghezza a quella di quattro piedi. In MC KEAN, John, Op. Cit., p. 15.

(8) Lo scheletro in ferro per edifici multipiano ha origine, secondo la storiografia, in Inghilterra nel 1792, ventidue anni dopo il primo uso di *cast-iron columns* in alcune chiese Inglesi. In LARSON, Gerald R., "The iron skeleton frame: interactions between Europe and the United States", in ZUKOWSKY John (a cura di), *Chicago architecture, 1872-1922: birth of a metropolis*, Munich, London, New York, Prestel, 2000, p. 39.

(9) LARSON, Gerald R., Op. Cit., pp. 40-42.

(10) Contestualmente alla *window tax* si era diffusa in Inghilterra una tassa sulla commercializzazione del vetro, che a quel tempo veniva venduto a peso. La *Glass tax*, anche definita imposta sulla luce, fu introdotta in Gran Bretagna nel 1746 sotto il regno di Giorgio II. A seguito dell'introduzione della tassa gli artigiani furono spinti a produrre oggetti più piccoli, anche se più finemente decorati.

Tale tassa fu lungamente contestata, anche nella storiografia successiva, in quanto le scarse condizioni igieniche che caratterizzavano allora le città risultavano aggravate dall'assenza di adeguata luce all'interno delle abitazioni, fatto che non trovava adeguate risposte costruttive anche in ragione dell'elevato costo del materiale.

In TAIT, Op. cit., pp.145-187.

(11) LARSON, Gerald R., Op. cit., p.44.

(12) *Ivi.*



## NOTE

(13) BRUEGMANN Robert, "When Worlds Collided: European and American Entries to the Chicago Tribune Competition of 1922", in LARSON, Gerald R., Op. cit., pp. 303-319.

(14) Parafrasando la famosa frase di Louis Sullivan "form follows function", la storica propone una lettura dello sviluppo architettonico delle città americane di New York e Chicago contestualmente basato su l'opera dei grandi maestri del Novecento e del complesso paesaggio socio-economico dell'epoca. Nel testo *Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago* analizza dunque la morfologia del grattacielo inquadrandolo nello studio dei regolamenti edilizi del periodo, della speculazione delle aree urbane e nel valore di mercato degli spazi ad uso uffici.

(15) WILLIS Carol, "Light, height, and site: The skyscraper in Chicago", in ZUKOWSKY John (a cura di), *Chicago architecture and design, 1923-1993: reconfiguration of an american metropolis*, Munich, London, New York, Prestel, 2000, p. 138.

(16) *Ibid.*, pp. 120-122.

(17) *Ibid.*, p. 138.

(18) BRUEGMANN Robert, Op. cit., p. 308.

(19) Con il termine *zoning regulation* o *code* si fa riferimento, negli Stati Uniti e nel Regno Unito, all'insieme di vincoli legislativi che governano l'uso dei suoli urbani e non. Questo processo di controllo della qualità e quantità del costruito era al tempo del concorso per il *Chicago Tribune* una novità, essendo stato introdotto questo vincolo per la prima volta a New York nel 1916.

(20) Questo dibattito appare oggi non ancora conclusosi, tanto che in contesti come quello italiano risultano attuali le opposizioni a trasformazioni del territorio simili a quelle compiutesi in alcune città americane del tempo o, più recentemente, in città europee come ad esempio Berlino o Londra nell'ultimo decennio. In Italia la ragione di questa condizione sembra risiedere nella comune percezione di una cultura radicalmente antitetica alla cultura costruttiva locale. Il risultato è una minore possibilità dei progettisti e degli attori della filiera di confrontarsi con progetti e cantieri complessi, e dunque con quelle innovazioni costruttive viceversa introdotte in altre realtà produttive.

(21) LAMBERT, Phyllis, "Learning a language", in LAMBERT, Phyllis, (a cura di), *Mies in America*, Montreal, New York, edito da *Canadian Centre for Architecture* e *Whitney Museum of American Art* (Catalogo della mostra omonima itinerante svoltasi a New York, Montreal e Chicago), 2001, p. 224. Da un'intervista a Mies v.d.R. dal titolo "Architecture and technology", 1950.

(22) *Ivi.*

(23) *Ibid.*, p. 203.

(24) *Ibid.*, p. 135.

(25) *Ibid.*, p. 391.

(26) *Ibid.*, in nota 132, p. 514.

(27) *Ibid.*, in nota 126, p. 514..

(28) NEUMANN, D., "Preface", *The structure of light. Richard Kelly and the Illumination of Modern Architecture*.

(29) Kelly affiancò Philip Johnson per più di quaranta lavori. *Ibid.*, Op. cit., p. 3.

(30) *Office for Visual Interaction*. La società opera a livello internazionale come partner nella progettazione della luce, naturale e artificiale, dalla fase di *schematic design* a quella di produzione della documentazione per il cantiere (*construction documentation*). [www.oviinc.com].

(31) PETTY, Margaret, Maile, "Seagram's tower of light", in NEUMANN, D., Op. cit., p. 67.

(32) *Ibid.*, pp. 67-72.

(33) *Ibid.*, p. 110.

(34) *Ivi.*

(35) La prima metà del Novecento è centrale nello sviluppo delle economie dei paesi cosiddetti occidentali. Pur non essendo ambito specifico di questa indagine l'analisi dell'insieme di fattori che determinarono lo sviluppo dei diversi settori industriali, in area europea e in area statunitense, è tuttavia evidente come anche lo sviluppo del settore delle costruzioni ne sia un risultato.

## NOTE

<sup>(36)</sup> La nota multinazionale europea che ha sede amministrativa a Parigi nel quartiere della *Defence* è oggi il secondo *leader* mondiale nella produzione e lavorazione del vetro piano. Fondata nel 1665 oggi conta delegazioni in tutti i continenti con una ripartizione geografica delle vendite del vetro del 42% in Asia e nei mercati emergenti, del 41% in Europa, il 16% in Francia e solo 1% negli Stati Uniti. [fonte: Saint-Gobain, dati pubblicati sul sito ufficiale e aggiornati a febbraio 2012].

<sup>(37)</sup> Pilkington è oggi l'azienda leader nel mercato del vetro, con principale sede amministrativa in Inghilterra e una presenza di stabilimenti produttivi e distributivi in tutti i continenti. Le soluzioni proposte sul mercato per l'impiego in edilizia sono rivolte a diversi temi progettuali quali: il comfort acustico; il risparmio energetico; la manutenzione; il vetro strutturale. [fonte: Pilkington, dati pubblicati sul sito ufficiale e aggiornati a febbraio 2012].

Nel 2006 la *Pilkington* viene acquistata dalla *Nippon Sheet Glass*.

<sup>(38)</sup> Le industrie PPG sono il terzo leader nel mercato mondiale, con una presenza in sessanta paesi nei diversi continenti. La produzione e lavorazione del vetro piano per il mercato edilizio è solo una delle filiere produttive della multinazionale, specializzata in particolare in rivestimenti e soluzioni innovative di *coating* per materiali. Per tale motivo i prodotti della filiera del vetro piano sono particolarmente orientati al controllo solare e allo studio dell'incidenza della tecnologia nel controllo dei consumi energetici. [fonte: PPG Industries, dati pubblicati sul sito ufficiale e aggiornati a febbraio 2012].

<sup>(39)</sup> La *Guardian Industries* è la contemporanea società americana produttrice di vetro piano e fibre di vetro nata nel 1932 dalla *Guardian Glass Co.* la principale sede amministrativa è nello stato del Michigan a *Auburn Hills*, ma è presente in ventuno paesi tra i quali in Lussemburgo, Spagna e Regno Unito.

<sup>(40)</sup> La *Ashai Glass Co.* è uno dei principali produttori mondiali specializzato in vetro *float*. La compagnia è parte del *core business* del gruppo *Mitsubishi*. La stessa compagnia oggi ha ampliato la propria gamma di prodotti e di ricerca e nel campo dei film polimerici è produttore di *Fluon ETFE laminate* impiegato, tra altri, nel progetto dell'*Allianz Arena football stadium* progettato dallo studio *Herzog & De Meuron* con il supporto di *ArupSport*. Per una lettura comparata dei materiali polimerici impiegati nel cprogetto contemporaneo di architettura in luogo del vetro si rimanda al capitolo quattro della presente ricerca.

<sup>(41)</sup> La *Libbey-Owens-Ford Glass Company* (LOF) fu produttore di *flat glass* per il mercato automobilistico e delle costruzioni dal 1916 al 1986 quando venne acquistata dalla *Pilkington Group*. Fino al 2006, anno in cui la *Pilkington* fu acquistata dalla *Nippon Sheet Glass* la compagnia mantenne il nome LOF, definitivamente abbandonato dopo l'acquisizione del colosso giapponese.

<sup>(42)</sup> Nel 1947 la *Libbey-Owens-Ford Glass Company* commissionò il progetto per la realizzazione di un prototipo di *Low-cost solar house* per ciascuno degli stati americani al fine di testare il nuovo *thermopane insulating glass* che costituiva uno dei primi esempi della tecnologia di vetro-camera. In MOORE, Fuller, *Environmental control systems. Heating, cooling, lighting*, McGraw-Hill, 1993, pp. 10-40.

<sup>(43)</sup> Si rimanda la capitolo 4, della presente ricerca, per un approfondimento relativo alle tecnologie dei tessuti tecnici per l'architettura e materiali compositi plastici impiegati nel contemporaneo progetto di architettura in alternativa alla tecnologia del vetro.

# Tecnologia del vetro e progetto

## Capitolo 3

### 3.1 Campi di impiego della tecnologia del vetro: requisiti e prestazioni

Il ciclo di vita di una architettura "di vetro" è caratterizzato, nelle sue diverse fasi, da un contributo interdisciplinare agli obiettivi posti durante la fase di progettazione dell'opera.

Qualunque sia, o sia stata, la motivazione che spinge i progettisti a impiegare la tecnologia del vetro in architettura le tematiche affrontate risultano, dalla fase di ideazione a quella di costruzione dell'opera, da sempre legate al rapporto tra fattori dell'ambiente esterno, quali la luce, l'aria e il calore e fattori descrittivi dell'ambiente interno. Se è vero che tale rapporto si instaura tra qualunque edificio e il suo contesto, ciò risulta ancora più evidente in riferimento al vetro in relazione alle prestazioni specifiche che la tecnologia garantisce.

Il vetro come materiale e come tecnologia rappresenta, almeno oggi, il mezzo imprescindibile per consentire la gestione dell'illuminazione naturale negli edifici, con il conseguente scambio termico che ne deriva, nonché l'ingresso e il ricambio dell'aria.

Tale speciale rapporto con il contesto ambientale nel quale l'edificio è inserito esiste dal momento in cui la lastra di vetro si è diffusa come tamponamento nei serramenti; dapprima negli edifici di maggiore importanza, le chiese, i palazzi, i padiglioni delle esposizioni internazionali, poi nelle abitazioni mano a mano che la tecnica produttiva progrediva e rendeva disponibile quantità maggiori di materiale.

Ma è solo all'inizio del XX secolo che vengono poste le basi perché il materiale sia riconosciuto, all'interno del processo edilizio, come tecnologia costruttiva vera e propria; solo con la meccanizzazione della sua produzione la diffusione diviene infatti tale da poter consentire lo sviluppo di conoscenze specifiche relative all'applicazione del vetro.

Questo per molti storici e studiosi è un fatto esemplare nella storia delle tecniche costruttive e una delle motivazioni alla base del carattere internazionale e contemporaneo, cioè attuale nei diversi periodi storici e movimenti artistici che caratterizzarono il secolo scorso, che da lì in poi sarà attribuito a questa tecnologia. A differenza di materiali come la pietra, il laterizio o il legno, il vetro non ha una sua propria storia nelle diverse tradizioni costruttive locali. I costi, i tempi e le abilità richieste per la sua produzione

consentirono per lungo tempo solo un impiego selezionato del materiale fino a quando, appunto, la produzione industrializzata non permise di superare tali vincoli.

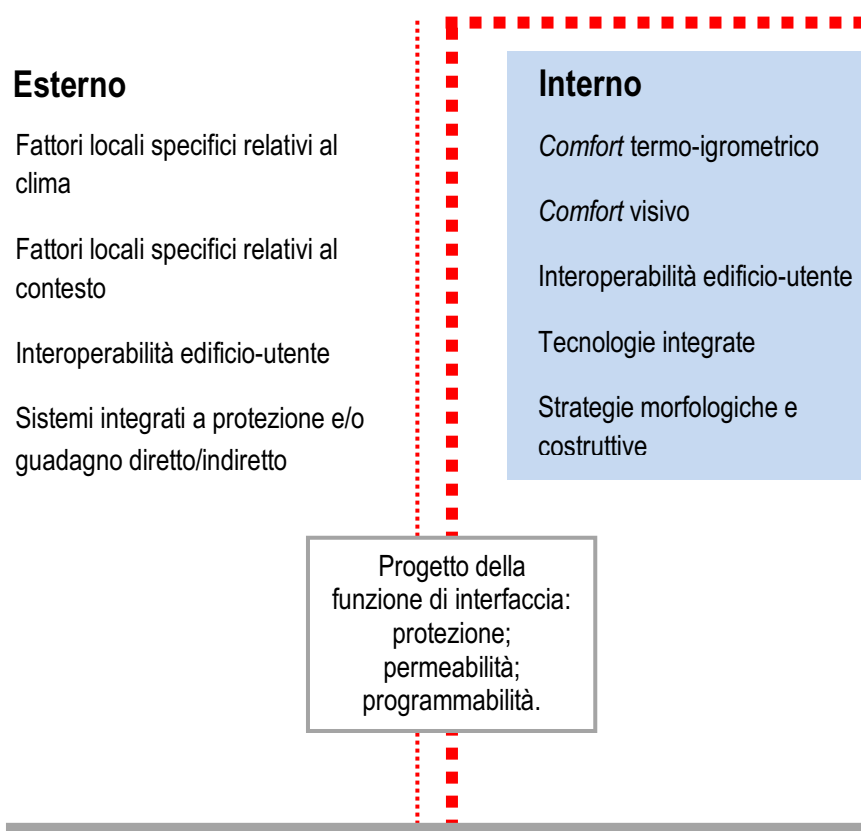
Ciò nonostante il rapporto con i fattori dell'ambiente esterno era già avviato, primo tra tutti il rapporto con la luce intesa essenzialmente nella sua componente di radiazione luminosa<sup>(1)</sup>.

A partire dai primi decenni del Novecento tale rapporto si fa più complesso, sino a coinvolgere in maniera più codificata particolari caratteristiche dei sistemi ambientali che l'edificio mette in comunicazione:

- il sistema ambientale esterno naturale;
- il sistema ambientale esterno artificiale;
- il sistema ambientale interno.

**Fig. 3.1**

Sistema di relazioni tra i diversi sistemi ambientali che il progetto della tecnologia del vetro determina.  
[Fonte: l'autore con riferimento a HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]



### 3.1.1 Il sistema ambientale esterno

L'ambiente nel quale l'edificio si inserisce è descrivibile come insieme di due ambienti, uno *naturale* e uno *artificiale*, entrambi riferibili a insiemi di elementi e fattori caratteristici, tra i quali risultano di particolare interesse in questo contesto gli elementi e i fattori climatici.

Sono elementi climatici le grandezze fisiche quali:

- la temperatura;
- l'intensità e la durata della radiazione solare;
- la nuvolosità;
- il vento.

Sono fattori climatici le condizioni che producono variazioni sugli elementi climatici, quali:

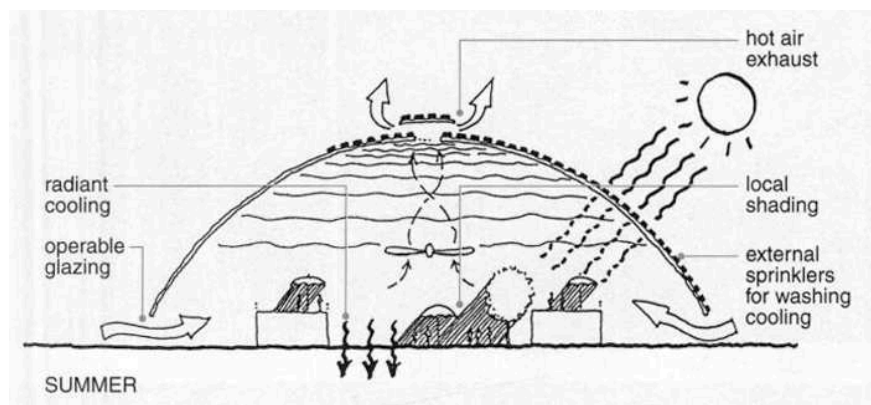
- i caratteri geografici;
- la presenza di attività umana.

Da quest'ultima di fatto dipendono le caratteristiche dell'ambiente *artificiale* esterno, il quale determina, in relazione all'ambiente naturale come sopra definito, condizioni locali specifiche. Così le caratteristiche dell'ambiente prodotto dall'uomo sono responsabili di condizioni differenti di soleggiamento o ombreggiamento (diverse ad esempio in aree urbane e extraurbane, in presenza di tipi diversi di vegetazione ecc.), di temperature locali diverse, di condizioni di ventilazione differente, anche in presenza di medesimi elementi climatici.

**Fig. 3.2**

Progetto del controllo ambientale nella *Hall* d'ingresso della nuova fiera di Lipsia, Gerkan, Marg and Partner, 1992-96.

[fonte: PEPCHINSKI, 1996]



Le caratteristiche dell'ambiente esterno prodotto dall'uomo a cui si fa riferimento sono in particolare:

- la morfologia del luogo;
- le tipologie di attività che nel luogo si svolgono;
- fonti di inquinamento acustico;
- fonti di inquinamento da gas e polveri;
- altri fattori d'inquinamento (radiazioni elettromagnetiche, gas dal sottosuolo, ecc).

L'insieme di questi aspetti si unisce infine, in ogni progetto di architettura, alla comprensione dei caratteri sociali e culturali di un luogo.

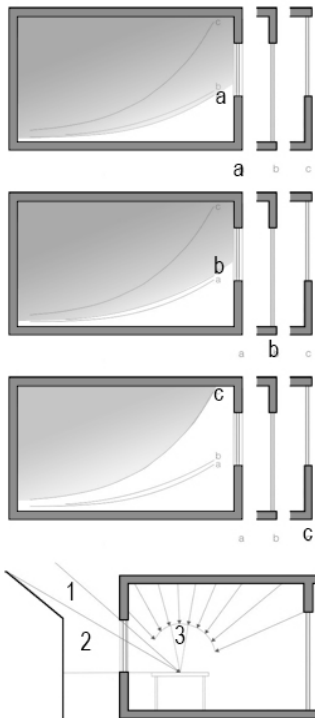


**Fig. 3.3**  
Moduli fotovoltaici per la parete dell'edificio *Green Pix*, Simone Giostra & Partners Architects, Beijing China, Giochi Olimpici 2008.

**Fig. 3.4**

Il rapporto tra l'edificio e il contesto: il caso del progetto della luce naturale. Esempio di unità ambientale destinata a funzioni di lavoro; studio della dimensione e del posizionamento di un'apertura nell'involucro per la valorizzazione dell'illuminazione naturale dell'ambiente.

[fonte: rielaborazione dell'autore da HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]



## 3.2 Tecnologie per il comfort degli ambienti interni: la permeabilità dei sistemi

### 3.2.1 Il sistema ambientale interno

Il sistema edificio si può considerare come il principale mezzo di relazione tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno. Le caratteristiche misurabili di quest'ultimo discendono dalle prestazioni garantite dal *sistema edificio*, responsabile infatti delle condizioni microclimatiche interne così come della presenza di fattori inquinanti. Tuttavia ciò non è sufficiente a descrivere l'ambiente interno come sistema, in quanto le condizioni determinate dall'insieme di tali parametri sono indagabili solo in relazione alle attività antropiche ad esse compatibili.

L'utenza che utilizza tali *ambienti* introduce quindi un ulteriore parametro descrittivo e di valutazione, il *comfort*, ovvero il benessere derivante dal rapporto tra i fattori descritti e le caratteristiche fisiologiche e psicologiche dell'uomo.

Tale parametro risulta ancora una volta di importanza specifica nello studio della tecnologia del vetro.

Sia che si stia operando nell'orizzonte di un'architettura "sostenibile", nel senso dei parametri di salvaguardia ambientale, sia che questo obiettivo non venga considerato primario, la spinta ad un uso diffuso della tecnologia in esame ha risposto, e risponde, alla possibilità di agire, valorizzandoli, su quei fattori del sistema esterno e interno direttamente responsabili del comfort degli ambienti interni.

Sulla base di tutti questi elementi si cerca qui di evidenziare come la gestione di tali problematiche attenga, nella fase del progetto, innanzitutto a caratteristiche del sistema *edificio-contesto-utenza*, prima ancora che a caratteristiche del materiale, le quali risultano fondamentali solo in rapporto alle prime.

L'approccio e gli strumenti per governare tale complessità sono presenti all'interno della filiera da tempo e sono in costante evoluzione, anche se non sempre applicati.

I processi progettuali alla base di alcune tipologie edilizie come l'edificio alto sono in questo contesto emblematici.

L'entità degli investimenti in risorse e materiali che caratterizza da sempre la realizzazione di queste architetture ha determinato una



organizzazione della filiera produttiva orientata all'efficienza, che si traduce nell'applicazione di tutti i metodi e gli strumenti nel tempo disponibili per controllare l'intero ciclo di vita dell'opera, al fine di minimizzare gli sprechi. In tali contesti l'impiego della tecnologia del vetro appare più consapevole delle risorse che essa rende disponibili. Innanzitutto la standardizzazione dei componenti e dunque la rapidità dei tempi di costruzione. In quanto tecnologia prefabbricata e a secco si è dimostrata un campo d'indagine adeguato all'esplorazione di nuove potenzialità costruttive, unitamente all'evoluzione delle strutture a telaio.

Da un altro punto di vista questo atteggiamento ha fatto emergere i principali limiti del materiale, in particolare in relazione al tema del *comfort* degli ambienti interni, come conseguenza di un suo largo e standardizzato impiego. In particolare nella seconda metà del secolo scorso si assiste ad un impiego uniformato del vetro per la costruzione di involucri esterni indipendentemente dalla variabilità delle condizioni esterne.

Nonostante infatti la filiera industriale avesse iniziato e stesse continuando ad indagare il comportamento del materiale in differenti condizioni climatiche (in particolare in relazione all'esposizione alla luce naturale) una spinta standardizzazione nella realizzazione degli edifici aveva posto in secondo piano, in alcuni contesti, l'indagine intorno ai caratteri morfologici dell'opera architettonica, altrettanto fondamentali per un uso consapevole della tecnologia in esame.

Ciò si è tradotto talvolta in un esclusivo interesse per il progetto dell'involucro esterno degli edifici. Tuttavia in presenza di temi del progetto come la valorizzazione della luce e della ventilazione naturale l'efficacia dei sistemi di involucro progettati è strettamente legata a:

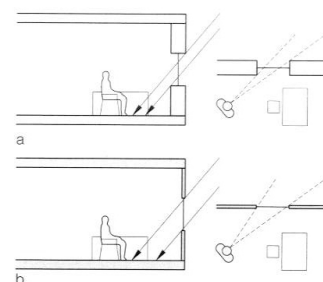
- i sottosistemi di partizione interna, sia dal punto di vista tecnologico sia morfologico;
- la tipologia delle strutture portanti;
- l'integrazione delle strutture impiantistiche responsabili di parte dei carichi termici all'interno degli edifici, ma anche dell'efficace funzionamento di strategie passive per il controllo ambientale.

A questi fattori si sommano poi esigenze specifiche che si richiede siano soddisfatte quando si impiega la tecnologia del vetro quali:

- i particolari rapporti visuali con l'esterno;
- la distinzione dello spazio privato da quello pubblico.

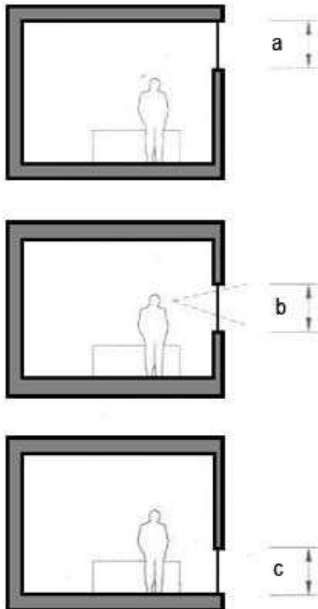
**Fig. 3.5**

Lo spessore dell'involucro influenza contestualmente l'illuminazione e la visione verso l'esterno: (a) parete più profonda; (b) parete meno profonda. [fonte: HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]



**Fig. 3.6**

Zone definite dall'uso: (a) fascia delle finestre alte per il maggiore apporto di luce diurna; (b) fascia delle finestre per la visibilità verso l'esterno; (c) fascia del parapetto.  
[fonte: rielaborazione dell'autore da HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]



### 3.2.2. Sistema ambientale interno e tecnologia del vetro

I requisiti dell'ambiente interno vengono definiti durante la fase di progettazione dell'opera e

“Una conoscenza precisa della scala di questi obiettivi [...] influenza le soluzioni costruttive [...] e permette di stabilire sul lungo periodo le quantità di energia e di materiali richieste per il funzionamento del sistema.”<sup>(2)</sup>

I requisiti dell'ambiente interno sono individuabili in:

- quantità e qualità dell'illuminazione;
- ricambio dell'aria interna;
- ambiente sonoro confortevole;
- temperatura e umidità confortevole;
- visibilità verso l'esterno;
- separazione pubblico-privato;
- protezione meccanica;
- protezione antincendio;

Complessivamente il comportamento dei sistemi che impiegano la tecnologia del vetro è definibile in termini di permeabilità <sup>(3)</sup>, in particolare:

- permeabilità alla luce;
- permeabilità al calore;
- permeabilità all'aria;

Il grado di permeabilità a uno o all'insieme di fattori descritti determina le scelte costruttive più importanti quali: il tipo di struttura portante, la stratigrafia e la morfologia dell'involucro, i tipi del rivestimento.

Viceversa le qualità dell'ambiente interno che ne conseguono possono essere descritte in termini di:

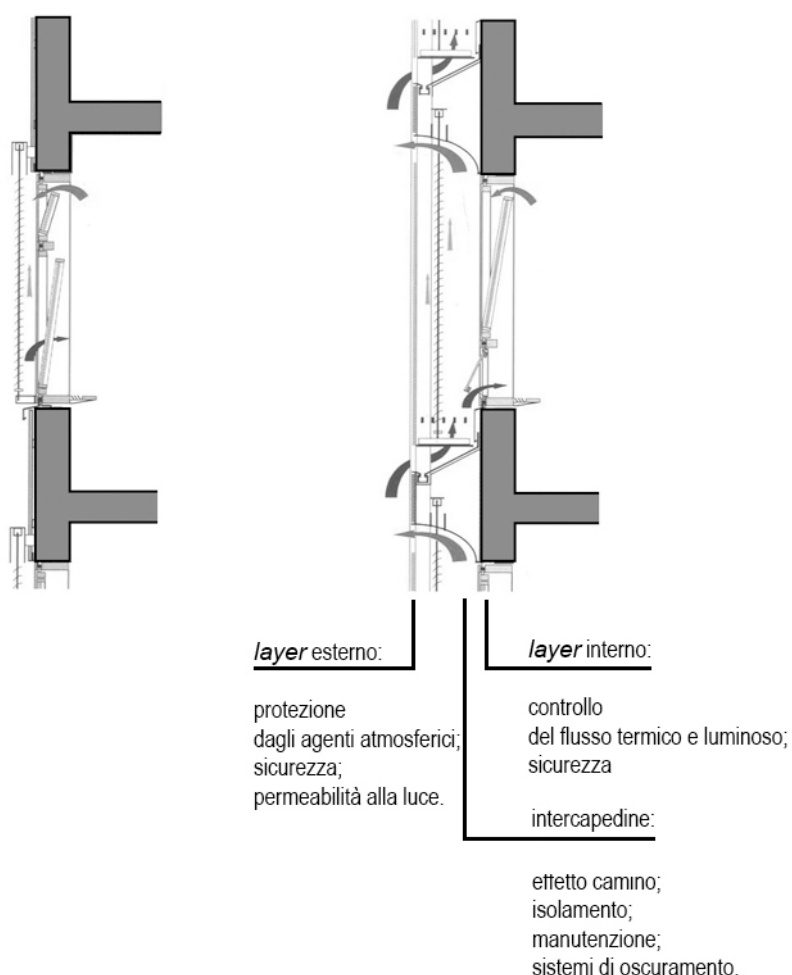
- comfort visivo;
- comfort termo-igrometrico;
- comfort acustico.

La letteratura in materia è assai ricca, anche se non così diffusa nel nostro Paese come in altri. È possibile tuttavia leggere un recente cambiamento, definibile come un rinnovato interesse per alcuni temi fino ad oggi ritenuti appannaggio di specialisti. Tale cambiamento incide, in particolare nella fase di progettazione di un'opera costruita, nel senso di una maggiore quantità di informazioni che confluisce nella fase di ideazione dell'opera stessa. Dalla necessità di governare tale quantità e qualità d'informazioni deriva un cambiamento nei rapporti tra gli attori del processo e diverse modalità di condivisione delle conoscenze.

**Fig. 3.7**

Prestazioni fornite dalla tecnologia del vetro in rapporto a sistemi di involucro definiti da più *layer* specializzati.

[fonte: rielaborazione dell'autore da COMPAGNO, 2002]



### 3.2.3 La permeabilità alla luce: il vetro tra luce naturale e artificiale

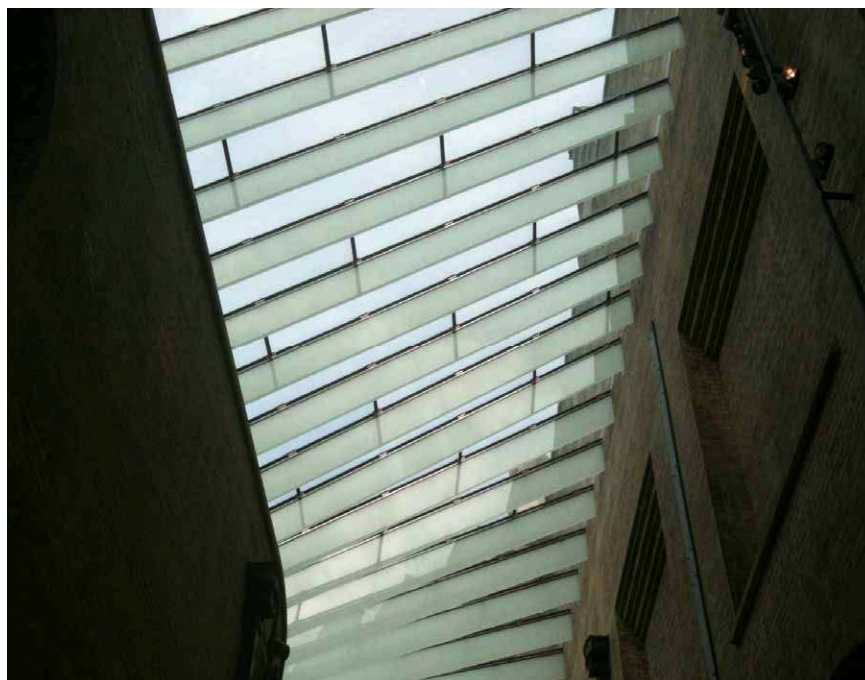
Per "luce" si intende sia "la radiazione stessa" sia "la rappresentazione psichica della radiazione che stimola la retina dell'occhio <sup>(4)</sup>" o ancora, "la radiazione elettromagnetica corrispondente a determinate lunghezze d'onda che stimola la retina dell'occhio permettendo la vista."<sup>(5)</sup> La luce dunque è un fenomeno di natura energetica <sup>(6)</sup> in grado di produrre una sensazione luminosa. Allo stesso tempo e in virtù dell'interazione con la materia che incontra, la luce è responsabile del trasferimento di calore sotto forma di radiazione termica.

I due fenomeni avvengono evidentemente contestualmente, tuttavia in questo capitolo si tratterà prima il fenomeno dal punto di vista della sensazione luminosa che ne deriva e poi dal punto di vista del calore trasmesso da un sistema vetrato. Pur essendo tale separazione ammissibile solo teoricamente, si può notare come nel contemporaneo progetto di architettura si operi ancora sulla base di tale distinzione e non considerando il fenomeno complessivamente. Capita così che la ricerca nella massima valorizzazione dell'illuminazione naturale trovi come limite un guadagno o una dispersione termica indesiderati o, viceversa, che la protezione da un eccessivo irraggiamento si traduca in un insoddisfacente apporto di luce naturale, tale da rendere incoerente un uso esteso della tecnologia stessa.

Per evidenziare i limiti sottesi a un approccio di questo tipo si sono letti i due aspetti della radiazione luminosa e termica come singolarmente responsabili della diffusione della tecnologia, in relazione alle finalità via via emerse dai progetti indagati, per poi sottolineare i limiti relativi alla gestione di un fenomeno complesso come quello luminoso.

Il tema della luce naturale come fattore di diffusione della tecnologia del vetro nel progetto di architettura si associa anche al tema della luce artificiale. Quando all'inizio del Novecento la produzione del vetro passa da un processo artigianale ad uno industriale si assiste alla contemporanea diffusione dell'energia elettrica per illuminare non più solo gli spazi della città ma anche gli edifici. Da questo momento il vetro suscita ulteriori interessi. Diviene così possibile un'illuminazione naturale diurna molto più estesa rispetto al passato, così come la percezione di un'illuminazione serale e notturna dall'esterno degli edifici verso l'interno.

Se infatti il concetto di permeabilità applicato al tema della luce naturale rimanda ad una direzione privilegiata nella trasmissione del fattore luminoso, essenzialmente dall'esterno all'interno degli edifici, il tema della luce artificiale impone di considerare anche la permeabilità, o i gradienti di permeabilità, che dall'interno consentono il passaggio della luce, e dunque la

**Fig. 3.8**

Gli elementi strutturali in vetro contribuiscono alla diffusione della luce naturale che penetra attraverso la copertura.

Copertura al *Victoria & Albert Museum*, Londra, MUMA, 2009  
[Fonte: l'autore, 2010]

sua percezione, all'esterno.

Nel primo caso possiamo riconoscere tra i fattori che guidano la scelta:

- il miglioramento del comfort interno;
- il risparmio dei consumi di elettricità, più recentemente;
- specifiche finalità comunicative (come nel caso dei *media-building*).

Se tuttavia i primi due hanno un rapporto diretto con le esigenze dell'utenza, sia dal punto di vista del benessere degli occupanti sia dal punto di vista del contenimento dei costi di gestione degli edifici, il terzo fattore esprime una volontà che spesso è del progettista o di un committente con specifiche esigenze di rappresentatività e che incide più sull'aspetto del paesaggio e meno sulle condizioni di utilizzo appropriato degli spazi. Intendendo infine tale finalità come supplementare al necessario progetto illuminotecnico degli spazi interni.

L'integrazione tra la luce naturale e artificiale appare infatti, allo stato attuale, fatto imprescindibile.

Nonostante l'esperienza ci insegni che molte persone scelgono, o sceglierebbero, edifici illuminati maggiormente dalla luce naturale e in misura minore da quella artificiale, il progetto del costruito continua a dipendere dall'uso della luce artificiale. Quest'ultima risulta infatti imprescindibilmente legata a tutte le attività antropiche, sia che queste si volgano all'interno degli edifici, sia all'esterno, negli spazi pubblici, semipubblici o privati.

Le motivazioni di ciò sono molteplici e rintracciabili, ancora una volta, in alcune importanti innovazioni introdotte nei primi decenni del XX secolo.

**Fig. 3.9**

Nella pagina a fianco, dall'alto: **3.9.a**, trasmissione della luce visibile attraverso una lastra di vetro monolitico di 4 mm; **3.9.b**, fenomeni di riflessione della luce nell'incontro con una lastra trasparente; **3.9.c**, fenomeni di diffusione della luce nell'incontro con una lastra traslucida o che presenti lavorazioni superficiali; **3.9.d**, influenza sulla percezione visiva della luce attraverso un filtro trasparente o traslucido.

[Fonte: WELLER, 2009]

Tre le ragioni alla base di ciò gli studiosi della materia pongono diverse motivazioni.

Fino a tempi recenti l'illuminazione è stata il solo dominio di ingegneri specialisti. L'illuminazione naturale è considerata inoltre da molti architetti come un fenomeno non controllabile, di difficile comprensione e traduzione in schematiche fasi progettuali.

Questi fattori dipendono in particolare:

- dalle caratteristiche della sorgente luminosa;
- dalle caratteristiche dell'oggetto illuminato;
- dalle condizioni di comfort ricercate in relazione alle attività umane che si intende soddisfare.

### Le caratteristiche del fenomeno

I problemi progettuali relativi al controllo dell'illuminazione naturale negli ambienti interni sono di natura molto complessa. Le variabili coinvolte si riferiscono infatti da un lato alle caratteristiche dell'oggetto illuminato (in questo caso un edificio) e dall'altro a quelle della sorgente luminosa. Se è possibile considerare le prime di natura statica (o al più variabile in maniera programmata) le seconde sono di natura dinamica, ossia variano nel tempo della giornata, delle stagioni, dell'anno e delle condizioni meteorologiche; si descrive tale fenomeno come luminanza del sole e della volta celeste.

**Fig. 3.10**

Peter Zumthor, *Kunsthhaus* di Bregenz, 1989-97.

Vista notturna del fronte principale dell'edificio durante una installazione.

[Fonte: *Kunsthhaus*, sito ufficiale].



Uno studio dettagliato del fenomeno è possibile pertanto attraverso l'uso di sofisticati modelli matematici, in grado descrivere in maniera puntuale le condizioni di illuminamento; studio che risulta indispensabile affrontare in alcuni tipi di progettazione come quelli riguardanti spazi espositivi o spazi caratterizzati da ampie superfici vetrate.

Nella pratica corrente infatti le condizioni minime di illuminamento sono sia norme cogenti che prassi consolidate; è tuttavia possibile anche in questi casi una valutazione più approfondita, attraverso la quale poter valorizzare l'apporto di luce naturale, senza necessariamente ricorrere al calcolo puntuale del campo luminoso naturale.

Questo infatti è possibile solo attraverso complessi calcoli matematici, oggi gestiti da software, che tengono conto della *luminanza* <sup>(7)</sup>, variabile nel tempo, della sorgente luminosa e dei fenomeni di riflessione multipla della luce sulle superfici.

Tuttavia è possibile verificare il raggiungimento di condizioni medie d'illuminazione ritenute accettabili, attraverso metodi definiti di "predimensionamento" interessanti in questo contesto non dal punto di vista del calcolo, ma per evidenziare le caratteristiche del sistema "edificio" che entrano in relazione con il flusso luminoso per mezzo delle superfici vetrate considerate.

### Le caratteristiche del sistema costruttivo

Una grandezza sintetica utilizzata per descrivere il fenomeno dell'illuminazione naturale negli edifici è *il fattore medio di luce diurna* <sup>(8)</sup>.

Il calcolo prende in considerazione le seguenti variabili:

- l'area delle aperture finestrate;
- il coefficiente di trasmissione nel visibile del materiale trasparente che costituisce le finestre;
- l'area dei diversi elementi che costituiscono l'involucro e che sono presenti all'interno del locale (pareti, pavimenti, soffitti, arredi, ecc.);
- il coefficiente di riflessione nel visibile delle superfici dei vari elementi presenti all'interno del locale;
- la presenza di ostruzioni di qualsiasi genere, esterne od interne, che limitino la vista della volta celeste;
- lo stato di manutenzione delle superfici vetrate e delle superfici interne.

Per quanto riguarda il materiale "vetro" inoltre il coefficiente di trasmissione luminosa risulta inoltre in relazione a:

Fig. 3.9.a

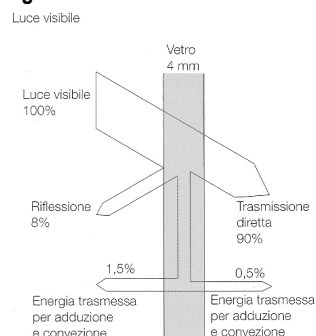


Fig. 3.9.b

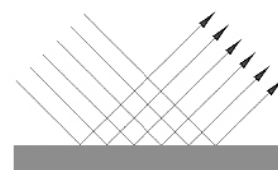


Fig. 3.9.c

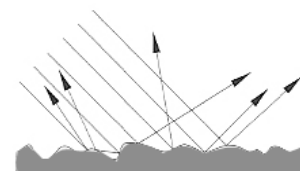


Fig. 3.9.d



- il colore della lastra;
- lo spessore del materiale, ovvero al suo essere in forma di lastra semplice, doppia o tripla;
- la presenza di trattamenti superficiali (vetri basso emissivi).

Il fattore medio di luce diurna rappresenta un indicatore sintetico delle condizioni di illuminamento naturale all'interno di un ambiente. Tale indice può sottendere a verifiche molto più complesse in relazione al numero di variabili che entrano nel sistema tecnologico (in particolare relative ad elementi prossimi alle aperture o sistemi di aperture quali elementi frangisole, oggetti ecc.), ma questo esula dagli obiettivi di questa indagine.

È tuttavia interessante notare in quale rapporto stanno gli elementi di un sistema tecnologico così concepito, sia gli uni in relazione agli altri, sia al più ampio sistema tecnologico che è l'edificio e il contesto ad esso prossimo. Completa questo tipo di descrizione del fenomeno l'*indice di abbagliamento* il quale dovrà rientrare, così come il *livello luminoso*, entro valori definiti dal tipo di attività che si svolgerà negli ambienti progettati, soglie che sono differenti nel caso della luce artificiale <sup>(9)</sup>.

### Il comfort visivo

Il *comfort* visivo "dipende dalla facilità del nostro sistema di percepire ciò che ci interessa. Per raggiungere questo obiettivo è necessario che le condizioni di illuminazione siano quelle necessarie per svolgere le attività per cui un ambiente è stato progettato [...]"<sup>(10)</sup>. In questo senso la sensazione di *comfort* o di mancanza di esso è diretta conseguenza delle sensazioni fisiologiche che derivano da condizioni differenti di luminosità.

In altre parole la condizione di "benessere visivo" è legata al rapporto tra le caratteristiche fisiche del fenomeno, in questa trattazione costituito dalla "luce" naturale e artificiale che interagisce con il costruito, e delle condizioni dell'osservatore. Conseguentemente i parametri ai quali si fa riferimento sono innanzitutto:

- il "livello luminoso"<sup>(11)</sup> per descrivere la fisica del fenomeno;
- l'"abbagliamento"<sup>(12)</sup> per descrivere la soglia minima di *comfort* accettabile.

Questo modello considera, tuttavia, solo in parte le condizioni dell'osservatore, in quanto tiene conto unicamente di risposte fisiologiche, quali l'abbagliamento, che solo in via teorica si verificano isolate da altre risposte di



**Fig. 3.11**

Il controllo del fenomeno dell'abbagliamento in due progetti dello studio *Foster & Partner*.

(a) Nel caso dell'edificio del *Reichstag*, Berlino, 1992-99, il controllo della luce naturale avviene mediante un elemento di notevoli dimensioni, controllato elettronicamente.

[Fonte: RUSSELL, 1999]

(b) Nel caso dell'edificio ad uso uffici *30 St. Mary Axe*, Londra, 2000-04, nella zona di copertura è stato impiegato unicamente il vetro di colorazione più intensa, *float* tipo *Parsol Grey*, dalle specifiche proprietà di controllo solare.

[Fonte: IUSSELL, 2004]

tipo cognitivo, che descrivono il rapporto tra l'uomo e il suo intorno.

Pertanto accanto a tale modello ne è stato elaborato un secondo che tende a considerare anche le sensazioni visive, come "parte della percezione", intendendo con ciò la riorganizzazione delle sensazioni attraverso il sistema nervoso centrale. Oggi più diffusamente e ampiamente al termine "percezione" si attribuisce il significato di una risposta sensoriale influenzata dall'apprendimento, dall'esperienza precedente e dotata di una certa intenzionalità <sup>(13)</sup>. Mentre le sensazioni si possono considerare di natura costante, tanto che ad esse prevalentemente fanno riferimento i modelli matematici impiegati nelle analisi illuminotecniche, la percezione è di natura variabile.

Ciò che accade comunemente è di trovarsi a governare, in presenza del progetto e poi della realizzazione del costruito, stimoli complessi che dunque non producono semplici risposte fisiologiche, bensì percezioni anche contrastanti, fino a ambiguità e difficoltà nel codificare chiaramente ciò che l'osservatore vede.

Al fine di migliorare costantemente il controllo di queste variabili è stato introdotto, anche nello studio della luce applicata al progetto, il concetto di "necessità biologiche" <sup>(14)</sup> ovvero quelle necessità comuni a tutte le attività e legate alla natura stessa dell'uomo e che lette nel contesto dello studio del

campo luminoso in rapporto all'osservatore possono essere definite in necessità:

- di orientamento spaziale;
- della variazione dello stimolo nel tempo;
- di centri di attenzione;
- di ordine;
- di input visivi interessanti;
- di percezione corretta degli oggetti;
- di vedere chiaramente le informazioni ricercate.

Queste ultime risultano di particolare importanza nell'ambito dello studio del comfort visivo. Essendo impensabile il controllo di singoli effetti psicologici derivanti da specifiche condizioni di campo luminoso, le necessità biologiche concorrono, unitamente allo studio fisico del fenomeno, allo studio del comfort visivo in un determinato ambiente.

In questo modo fattori descrivibili in termini quantitativi o geometrici quali, il livello luminoso, le sue variazioni e i contrasti, i fattori d'ombra e la resa colorimetrica divengono, insieme alle necessità biologiche, elementi progettuali sui quali è possibile intervenire, impiegando tecnologie come quella del vetro, per valorizzare la presenza della luce, naturale e artificiale, all'interno del progetto.

Può accadere ad esempio che a parità di condizioni fisiche, la risposta percettiva sia differente e generi diverse sensazioni di *comfort*; è il caso del contrasto determinato dalla luminanza di una finestra rispetto al suo intorno che procura minore condizione di abbagliamento di quanto indurrebbe una superficie traslucida di luminanza equivalente<sup>(15)</sup>.

L'occhio umano ha una propria capacità di adattamento alle diverse condizioni luminose. Tutte le esperienze visive (il colore, la distanza, la prospettiva, la luminosità) sono determinate tanto dalle caratteristiche dell'ambiente quanto dalle caratteristiche fisiologiche del soggetto. L'abilità dell'osservatore di distinguere i dettagli (ciò che viene ad esempio comunemente misurato dalla familiare carta ottica di lettere dalla dimensione decrescente) aumenta però anche con l'aumentare della luminanza della superficie data e in relazione ai contrasti cromatici presenti nell'ambiente<sup>(16)</sup>.

### 3.2.4 La permeabilità al calore: il vetro tra componente luminosa e termica

Il vetro in virtù dei suoi gradienti di trasparenza e della sua permeabilità cattura la luce diurna che illumina e scalda, attraverso i componenti del sistema, gli ambienti interni di un edificio. Nel caso dell'indagine sull'apporto termico che tale fenomeno rende disponibile al fine di valorizzare l'impiego di fonti di energia non primaria, come il sole, è importante ricordare che il bilancio del flusso energetico deve considerare sia gli apporti, provenienti dall'esterno, sia le perdite, dall'interno verso l'esterno. Le superfici vetrate costituiscono infatti superfici disperdenti.

#### I fattori dell'ambiente esterno

I fattori che influenzano tale comportamento sono innanzitutto i dati meteorologici locali in base ai quali è possibile dedurre:

- i ricavi d'irraggiamento stagionale, suddivisi in radiazione diretta e diffusa;
- la temperatura ambientale, poiché la temperatura minima e la lunghezza dei periodi freddi influenzano caratteristiche del materiale come il coefficiente di trasmissione termica totale;
- la velocità del vento;
- l'umidità;
- la lunghezza delle radiazioni.

Tali fattori influenzano il fattore solare di un vetro unitamente all'angolo d'incidenza della radiazione sulla superficie. Questo a sua volta sarà relativo alle condizioni climatiche così come alla morfologia dell'ambiente nel quale l'edificio è inserito; la densità dell'abitato nell'intorno può influire, se non considerata, attraverso zone d'ombra, portando all'esclusione di parti di superfici vetrate, precedentemente considerate nel bilancio energetico dell'edificio.

Le conseguenze di tali fenomeni sono percepite complessivamente e se non adeguatamente gestite, si traducono in un aumento dei consumi per il riscaldamento invernale e per il raffrescamento estivo.

### Le caratteristiche dei sistemi

Il controllo di questi aspetti costituisce un consolidato campo d'indagine, anche se in continua evoluzione, sia per l'industria sia per il progetto di architettura.

La prima ha risposto nel tempo operando innanzitutto su aspetti quali: il colore della lastra, lo spessore della lastra e dei componenti, la presenza di film protettivi o di *coating* metallici e, recentemente, con prodotti in grado di adattarsi, per mezzo di impulsi elettrici, a diverse condizioni di esposizione alla luce.

Il risultato è stato per molto tempo quello di agire sulla componente della radiazione termica a discapito tuttavia della trasmissibilità della radiazione luminosa, con effetti sia dal punto di vista della perdita della trasparenza del materiale, sia dell'effettivo contributo derivante da un'illuminazione naturale diffusa.

Tale trasparenza è da sempre una delle caratteristiche più apprezzate del materiale; una sua riduzione è considerato un ostacolo al suo stesso impiego, nonostante la necessità di gestire un limite stesso del materiale, quando si presenta sotto forma di ampie superfici vetrate.

Contemporaneamente la pratica del costruire aveva nel tempo

**Fig. 3.12**

Dettaglio del sistema di controllo solare per l'edificio Q1 del nuovo *ThyssenKrupp Quarter* a Essen, Jswd Architekten, 2011.

Il sistema è composto di 400mila alette di acciaio inox contenente nichel e cromo e prodotte dalla *ThyssenKrupp Steel Europe*.

Il sistema è controllato elettronicamente e è collegato a una stazione meteorologica installata in copertura.

[Fonte: *THYSSENKRUPP*, sito ufficiale].

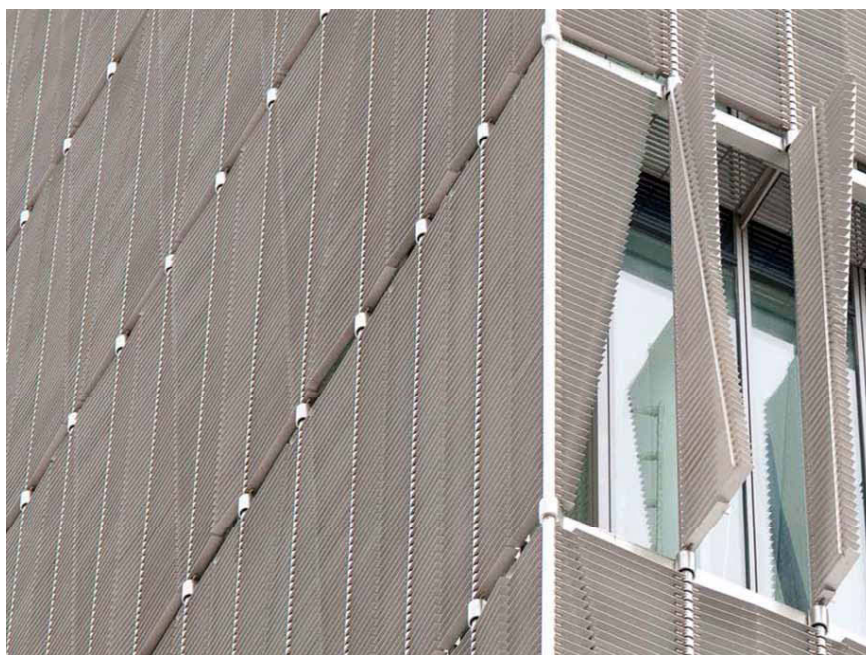


evidenziato come un controllo di questi fattori potesse giungere, nella fase di progettazione, dal corretto inserimento delle superfici vetrate non solo rispetto all'esposizione, ma anche rispetto alla morfologia dell'edificio e delle tecnologie impiegate.

Ampi aggetti degli elementi di facciata, sistemi di oscuramento opportunamente integrati, fissi o dinamici, hanno permesso nel tempo l'impiego di lastre più chiare, e dunque più trasparenti, di quelle che si sarebbero rese necessarie nel caso di un'esposizione senza soluzione di continuità delle superfici esterne.

Tale consapevolezza e ricerca, che è di fatto anche ricerca delle possibilità espressive del materiale, conosce un momento di arresto quando i sistemi di riscaldamento e raffrescamento forzato diventano disponibili più diffusamente, sia in termini economici sia in termini tecnici. È in particolare nei primi decenni del Novecento si verificano queste condizioni, nel momento in cui una seconda generazione di edifici alti si pone all'attenzione internazionale.

Nel contesto attuale tale interesse sta conoscendo un nuovo sviluppo. L'orizzonte del tema della salvaguardia ambientale sembra imporre la necessità di recuperare il dialogo tra le possibilità offerte dalla ricerca industriale e la necessaria sintesi dei parametri che identificano i singoli problemi, all'interno di quel ragionamento complessivo che è il progetto di architettura.



**Fig. 3.13**

Dettaglio del sistema di controllo solare per l'edificio Q1 del nuovo *ThyssenKrupp Quarter* a Essen, Jswd Architekten, 2011.

Il sistema è composto di 400mila alette di acciaio inox contenente nichel e cromo e prodotte dalla *ThyssenKrupp Steel Europe*.

Il sistema è controllato elettronicamente e è collegato a una stazione meteorologica installata in copertura.

[Fonte: *THYSSENKRUPP*, sito ufficiale].

Di fatto tale dialogo è tutt'altro che recente.

Iniziando dai primi anni Trenta, gli architetti di Chicago Fred e William Keck cominciarono una lunga decade di indagini sulle finestre esposte a sud in edifici residenziali che divennero i primi chiamati "solar houses" <sup>(17)</sup>.

Durante lo stesso periodo due architetti di fama internazionale quali Walter Gropius e Marcel Breuer applicarono analisi climatiche come determinanti principali del progetto. È già avanzava la convinzione che i principi climatici meritassero un ruolo primario d'insegnamento nelle scuole di architettura.

Nello stesso periodo, precisamente nel 1947, la Libbey-Owens-Ford commissionò a un gruppo di architetti di progettare un complesso di *Low-cost solar houses* per ciascuno dei quarantotto Stati americani impiegando il nuovo *Thermopane insulating glass* <sup>(18)</sup>.

Il risultato fu poi raccolto nel testo *Your solar home*, Simon, 1947. Tra il 1949 e '51 i dati climatici utili al progetto di questo tipo di edifici furono resi noti attraverso articoli e riviste (l'AIA, *American Institute of Architects* pubblicò a tale proposito linee guida di progetto per le sedici regioni climatiche negli Stati Uniti).

Dopo la fine della seconda guerra mondiale negli Stati Uniti la ricerca e le scuole di architettura, in particolare la *Princeton Architectural Laboratory* e la *Texas A&M Experiment Station* realizzarono laboratori per testare il vento, l'illuminazione naturale e gli effetti solari sugli edifici. Tuttavia dal 1950, nonostante i principi bioclimatici venissero promulgati nella letteratura professionale e divulgativa, lo sviluppo di vetri resistenti al calore, di riscaldamento e condizionamento meccanici, portarono gli architetti a ignorare gli aspetti climatici.

L'*Equitable Savings and Loan Building* sede dell'omonima società assicurativa (1945-48, Pietro Belluschi, Portland, Oregon) fu il primo edificio, costruito negli Stati Uniti, completamente sigillato nel quale vennero impiegati *double-paned green-tinted glass*, ovvero sistemi stratificati in vetro piano contenente ossidi di ferro per il controllo del fattore solare.

Nel 1952 la *Lever House* dello studio Skidmore Owings and Merrill fu il primo grattacielo a New York a utilizzare i più recenti sviluppi in materia di vetro *heat-absorbing tinted glass*.

Il termine *Bioclimatic approach to architectural regionalism* fu per la prima volta proposto da Victor e Adalar Olgay nel 1953 <sup>(19)</sup>, quando si riconobbe al progetto di architettura il compito di coniugare le diverse istanze progettuali con gli aspetti psicologici che descrivono il comfort umano.

A metà degli anni Settanta il termine *passive solar design* entrò nell'uso popolare anche se limitato agli aspetti dell'energia solare, al contrario

della definizione più estesa sottesa alle ricerche di Olgyay.

Così l'*OPEC oil embargo* del 1973 si introdusse in un processo già avviato che tuttavia trovò nuovo impulso nella pratica architettonica in ragione di una ormai diffusa necessità: ridurre la dipendenza esclusiva delle attività umane dall'unica fonte energetica del petrolio.

### **Comfort termico**

Le qualità termiche –il caldo, il freddo, l'umidità dell'aria e un generale senso di *comfort*– sono importanti qualità dello spazio di cui abbiamo esperienza. Esse non solo influenzano la scelta di attività da parte dell'uomo in un determinato luogo, ma anche come noi ci sentiamo in un determinato spazio.

La vita può esistere solo in un determinato *range* di temperature generalmente tra la temperatura di congelamento e la temperatura di ebollizione. Ogni specie ha limiti precisi e alcune hanno modo di estendere il proprio *range*. I mammiferi, come l'uomo, riducono i propri processi vitali per conservare energia in condizioni sfavorevoli. Gli esseri umani mantengono costante la temperatura interna attraverso un processo chiamato omeostasi. Ovvero bilanciano il calore scambiato con l'esterno in modo che il calore ceduto eguagli il guadagnato.

La differenza di temperatura interna è responsabile di diversi gradi di malessere. Il principale modo con cui l'uomo guadagna calore è il metabolismo, calore che poi viene scambiato con l'ambiente circostante attraverso la pelle e la respirazione. Questo avviene per combinazione di convezione, radiazione, conduzione e evaporazione.

### **Adattamento fisiologico a stress termici**

Per regolare la perdita o il guadagno di calore dall'ambiente il corpo umano automaticamente attiva una serie di cambiamenti fisiologici che tuttavia sono strettamente relativi alla durata dell'esposizione a condizioni non favorevoli, poiché anche le reazioni fisiologiche tendono alla "fatica". Il tempo impiegato dal corpo per adattarsi a un cambiamento della temperatura esterna è di quattro o più giorni e prende il nome di acclimatamento.

Il *comfort termico* è uno stato soggettivo che varia da individuo a individuo e sulla base di molti fattori esterni. L'ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* definisce nel 1989 il *comfort termico* come "*that condition of mind in which satisfaction is expressed*

*with the thermal environment*<sup>19(20)</sup>.

Poichè il mantenimento di condizioni termiche piacevoli negli edifici è oltremodo importante, molti studi e ricerche sono state realizzate per stabilire il *range* di condizioni soddisfacenti per il numero maggiore di persone.

Questo assume un'importanza rilevante nel momento in cui si progetta l'operabilità dei sistemi costruttivi. Partendo dall'assunto che ciascun individuo percepisce singolarmente diverse condizioni di comfort termico (ma lo stesso potremmo dire per il comfort luminoso e acustico) si deve ipotizzare che gli utenti saranno spinti ad interventi personali della configurazione dell'involucro in modi diversi e in momenti molteplici durante l'arco del giorno.

Se l'efficacia del sistema è relativa al mantenimento di precisi parametri che descrivono le prestazioni dell'involucro per il mantenimento di precise condizioni interne si dovrà considerare fino a quale punto l'azione del singolo utente potrà essere consentita al fine di non alterare la prestazione del sistema. Questo l'approccio alla base di sistemi elettronici integrati e gestiti in remoto.

Così mentre i fattori dell'ambiente esterno sono quantificabili e descrivibili anche se controllabili in maniera complessa, altri fattori legati alla percezione del comfort sono relativi ad azioni che gli utenti compiono e che sono generalmente al di là di ciò che il progetto può controllare. Tuttavia anche su alcuni di tali aspetti sono stati eseguiti studi e quantificazioni. L'abbigliamento ad esempio è un fattore che influenza notevolmente la percezione del comfort termico di un ambiente interno. Questo unito al tipo prevalente di attività che si svolge al suo interno <sup>(21)</sup>. Dunque anche l'abbigliamento e il tipo di attività influenzano la percezione di comfort.

Il mantenimento di certe condizioni costanti nel microclima interno dipende anche dalla temperatura radiante delle superfici esterne. Tale temperatura rimane pressoché costante in edifici che impiegano riscaldamento e condizionamento convenzionali. Così come altre variabili si mantengono costanti: umidità, moti dell'aria e di conseguenza la temperatura.

Negli edifici passivi l'indice di temperatura media radiante (MRT) è spesso differente dalla temperatura dell'aria. Questo rende ancora più indispensabile il ruolo degli occupanti nel mantenere il comfort termico.

Da alcuni punti di vista questo fatto rappresenta una risorsa poiché gli occupanti risultano intimamente coinvolti nell'efficienza dell'edificio per altri, al contrario, questo rappresenta un limite. Le innovazioni nel settore dei materiali vanno ad esempio verso questa efficienza; i *low-E glazings and selective surfaces*. Tuttavia l'efficacia di tali sistemi si basa su un insieme di prestazioni maggiori di quanto possa essere garantito dal solo materiale vetro, nonostante



lo stesso giochi un ruolo fondamentale.

The US Department of Energy ha studiato gli effetti degli occupanti nella performance di ventitre edifici nel *Passive Solar Commercial Program* concludendo:

- gli utenti manipoleranno l'edificio per raggiungere comfort sia secondo quanto previsto dai progettisti, sia in qualunque altro modo consentito dagli apparati;
- i cambiamenti nei *pattern* di occupazione (numero, modalità di svolgimento temporale, tipo di attività, e posizione) avranno una profonda influenza sull'energia impiegata e sulle operazioni caratteristiche dell'edificio;
- negli edifici nei quali sono richieste operazioni agli occupanti solo gli utenti e lo staff (addetti alle operazioni sugli edifici) adeguatamente educati raggiungeranno gli attesi livelli di performance energetiche e i ruoli e le responsabilità per le operazioni sull'edificio dovranno essere chiare (dove questi livelli di consapevolezza e partecipazione da parte

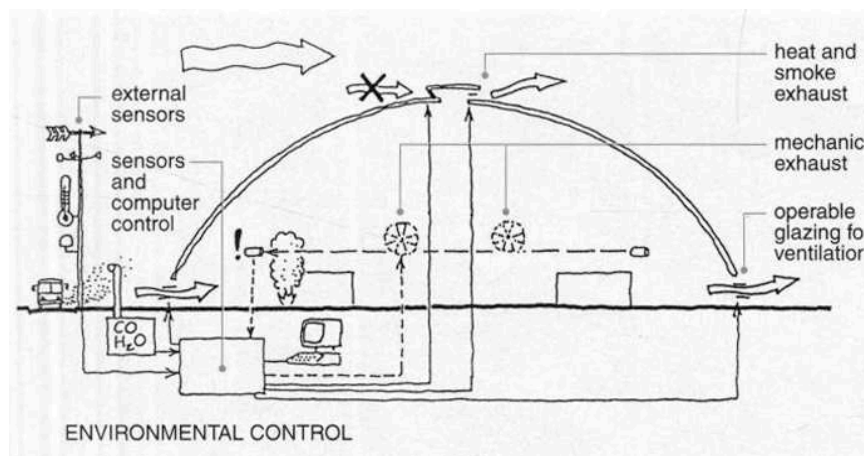


fig. 3.14

Controllo ambientale nel progetto della *Hall* della nuova fiera di Lipsia, Von Gerkan, Marg and Partner, 1992-96.

Importanza del ruolo svolto dai sistemi gestiti elettronicamente. [Fonte: PEPCHINSKI, 1996]



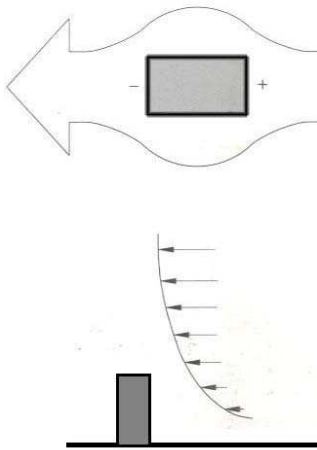
fig. 3.15

intradosso della copertura e chiusura verticale della grande *Hall* centrale della nuova fiera di Lipsia, Gerkan, Marg and Partner, 1992-96.

[Fonte: l'autore, 2004]

**Fig. 3.16**

Parametri di forma degli edifici in rapporto a correnti esterne: (a) zone di pressione e depressione in relazione alla direzione dei venti dominanti; (b) crescere della velocità del vento in rapporto all'altezza. [fonte: HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]



dell'utente sono inattesi, l'edificio dovrà essere progettato per essere più possibile *self-regulating*);

- alcune caratteristiche inerenti il progetto di edifici passivi (esposizione di masse termiche, la presenza di ampie superfici vetrate e di spazi aperti per favorire i moti di convezione) contribuiscono a problemi di comfort acustico e di *privacy* visiva.

Il numero dei fattori relativi all'utenza che influenzano l'uso energetico degli edifici fa quindi emergere importanti cambiamenti nella programmazione dell'opera e nel suo progetto.

### 3.2.5 La permeabilità all'aria dei sistemi: il vetro nelle tecnologie stratificate d'involucro

Il tema della permeabilità alla luce riguarda, sia essa intesa come naturale o artificiale, innanzitutto caratteristiche microscopiche del materiale vetro e, successivamente, quelle fisico-tecniche dei sistemi nei quali tale materiale si inserisce.

Il tema della permeabilità all'aria rappresenta, al contrario, un problema progettuale differente, che si è comunque deciso di trattare per due ragioni fondamentali;

- in quanto in parte legato alle proprietà ottiche e termiche del vetro;
- poiché il contemporaneo progetto di architettura che esplora le possibilità di valorizzazione della ventilazione naturale propone nuove soluzioni morfologiche degli edifici, nei quali la tecnologia del vetro è, spesso, l'elemento più caratterizzante.

L'insieme di questi aspetti si traduce in strategie progettuali e costruttive che riguardano tanto la dimensione e organizzazione spaziale degli edifici (in pianta e in alzato), quanto soluzioni specifiche d'involucro, comunemente definite *stratificate* o *a doppia pelle*.

Alla base di questo tipo di progettazione vi è lo studio, dinamico e parametrico, della ventilazione naturale e delle correnti termiche che si generano quando condizioni di ventilazione locale incontrano ostacoli *progettati*, quali gli edifici e le rispettive morfologie di involucro esterno. Queste ultime rappresentano infatti la più importante interfaccia progettuale anche in relazione alla cosiddetta *sick building syndrome*<sup>(22)</sup>.

Quanto più l'aria si scalda, per effetto dell'assorbimento di energia, tanto più le molecole del gas oscillano, la pressione aumenta e si verificano moti ascensionali. Sui fronti esterni di un edificio tali moti possono essere indotti dalla presenza di uno *strato trasparente* o *traslucido* che permette all'energia

irradiata dal sole di colpire un elemento costruttivo retrostante (opaco o no) e separato dal primo da un intercapedine areato. L'edificio si riscalda, cede una parte di tale energia all'aria limitrofa, in relazione ai materiali che lo rivestono (ovvero al loro potere di assorbimento/riflessione) provocando in questo modo dei moti d'aria verso l'alto, secondo il principio dell'*effetto camino*<sup>(23)</sup>.

Questi sono appunto i principi generali sui quali si basa lo studio e la progettazione dei sistemi a doppio involucro, nelle diverse tipologie oggi presenti sul mercato e come descritti nel paragrafo successivo.

Questi temi si configurano oggi come un campo d'indagine di rinnovato interesse, ancora una volta in relazione ai sempre più diffusi requisiti di sostenibilità ambientale associati al costruito. Tale interesse è soprattutto legato alle possibilità di agire, positivamente, sulle condizioni di comfort termico e igrometrico interno e conseguentemente sui consumi energetici dell'edificio.

I calcoli risultano tuttavia complessi. Questo si verifica sia per la simulazione del singolo fenomeno (quale la ventilazione indotta in precisi contesti morfologici<sup>(24)</sup> sia in rapporto all'integrazione con l'insieme delle prestazioni impiantistiche di un edificio e, fatto rilevante, alle valutazioni sul comportamento dell'utente.

Lo studio approfondito della materia continua ad essere un campo di studio principalmente di fisici e ingegneri, la collaborazione con i quali risulta indispensabile in una progettazione di questo tipo.

Il progettista è chiamato dunque alla comprensione delle effettive e specifiche possibilità di *programmazione dell'edificio* a diverse configurazioni e a valutare complessivamente le interazioni con l'utenza che ne derivano in fase di uso.

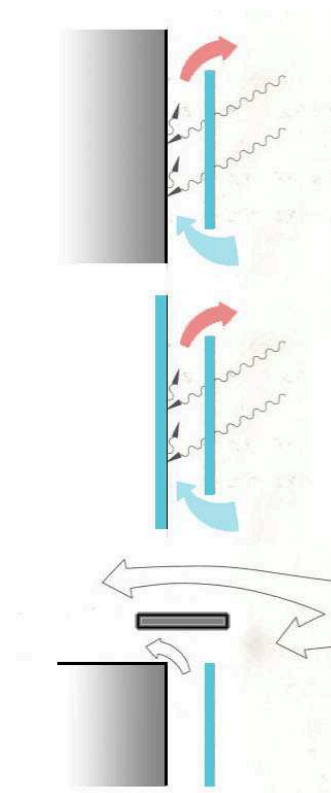
Ancora una volta ci si confronta con un tipo di progettazione che si basa su valutazioni relative a un "campione medio" di utenza. È facile immaginare che singole e specifiche esigenze potrebbero non essere soddisfatte pienamente, inducendo singoli utenti ad operare, ad esempio sui sistemi di involucro esterno, puntualmente, inficiando in questo modo il funzionamento complessivo delle tecnologie impiegate. Fatto questo non trascurabile non solo dal punto di vista del conseguimento di un risultato non atteso, ma soprattutto del rapporto costi/benefici che in questo tipo di progettazione non è sempre favorevole.

A parità di *prestazioni attese* infatti l'intervento del singolo utente può essere ritenuto accettabile in presenza di una *gestione autonoma* dello spazio abitativo<sup>(25)</sup>; viceversa nel caso di un gestore terzo tale flessibilità sarà meno tollerata e si introdurranno sistemi che *non incentivino* determinati comportamenti.

Infine un ultimo e fondamentale aspetto.

**Fig. 3.17**

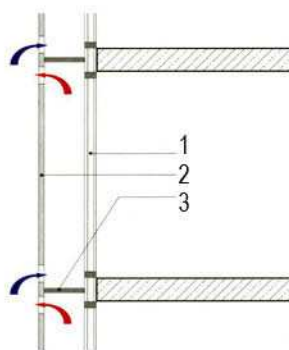
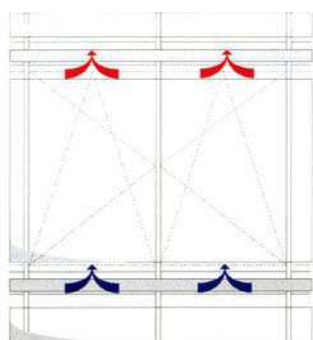
(a,b) Effetto camino generato dalla presenza di un piano esterno di facciata permeabile alla luce; (c) importanza della morfologia del nodo facciata-copertura per agevolare la fuoriuscita di aria calda. [fonte: HERZOG, KRIPPNER, LANG, 2005]





**Fig.3.18**  
Edifici in Potsdamer Platz  
[Fonte: l'autore, 2010]

**Fig. 3.19**  
Schemi di funzionamento del tipo costruttivo: *box window*. (1) *layer* interno; (2) *layer* esterno; (3) intercapedine.  
[Fonte: OESTERLE, 2001]



Il progettista *leader* del progetto<sup>(26)</sup> è, in questo caso progettuale come in altri, l'unica *interfaccia* tra l'insieme delle scelte progettuali e il *committente*, ruolo che è più complesso gestire quanto più si affrontano scelte non supportate da dati e da un numero di casi, desunti da esperienze dirette o indirette, che si ritiene accettabile.

La relativa diffusione di *double-skin facades* determina, ancora oggi, una relativa esperienza delle loro effettive prestazioni in uso, fatto che favorisce il già diffuso scetticismo nei confronti di tali sistemi. I dubbi, mossi in particolare dagli investitori, riguardano gli effettivi vantaggi che si possono trarre da un impiego di tecnologie così complesse, dai costi elevati derivati da sistemi *multi-layer*, in rapporto all'efficienza delle prestazioni in uso.

*"The possible gains for clients, users and even investors usually lie in the combined action of the various properties this type of construction offers, such as improved sound insulation, [...] ventilation and comfort, at least in moderate climates."*<sup>(27)</sup>

### Le caratteristiche del sistema costruttivo

In tali contesti il vetro è associato a specifici sistemi costruttivi definiti involucri multistrato. Nelle configurazioni più note questa tecnologia si presenta costituita da pacchetti multistrato di facciata nei quali a un involucro più interno vetrato e a uno più esterno, anch'esso vetrato, viene interposto uno spazio di dimensione variabile, avente una pluralità di funzioni.

Innanzitutto un'intercapedine areata in grado di favorire moti convettivi dall'esterno all'interno dell'edificio, in modo circolare; una più efficace barriera per l'isolamento acustico; uno spazio di manovra per le operazioni di manutenzione.

L'origine di questa tipologia costruttiva può essere rintracciata nel diffuso, soprattutto in tempi passati, doppio infisso vetrato (o *box-type window*); tipo di chiusura questa che raggiungeva, in alcuni contesti, soluzioni sofisticate. Nelle zone della Svizzera, della Germania e in generale del centro e est Europa è possibile vedere, ad esempio, tipologie di doppi infissi *flessibili*, dove cioè quello più esterno può essere rimosso durante la stagione calda e installato nuovamente in quella fredda per consentire un maggiore isolamento termico. Questo tipo di doppio infisso si diffuse in particolare nella prima metà del XX secolo per poi lentamente uscire dall'uso intorno al 1970, quando i più avanzati studi dell'industria del settore permisero la prima commercializzazione di infissi a doppia lastra vetrata.

In particolare l'industria del vetro promosse infatti, incoraggiata dalle



prospettive di crescita derivanti dalla diffusione dei problemi relativi alla salvaguardia ambientale, la ricerca di nuovi prodotti dalle più avanzate caratteristiche fisiche. Il doppio infisso vetrato venne così largamente sostituito da un singolo infisso con doppia lastra e interposta intercapedine d'aria, molto più efficiente in termini energetici rispetto al tipo precedente, più funzionale in termini di operabilità e meno dispendiosa in termini di materiale impiegato.

Nonostante tale tipologia resti tuttora preferibilmente impiegata, esistono casi in cui il doppio infisso (nella versione contemporanea con doppia lastra) è scelto, in particolare per garantire particolari livelli di comfort acustico.

Il caso dell'edificio progettato dall'architetto Hans Kollhoff in Potsdamer Platz ne è un esempio. In ragione degli alti livelli di rumore esterno lungo la Neue Potsdamer Strasse (71-75 dB(A)) si decise di adottare un sistema di doppi infissi vetrati<sup>(28)</sup>.

Complessivamente le principali esigenze che guidano nella scelta di certi componenti e soluzioni di sistema sono:

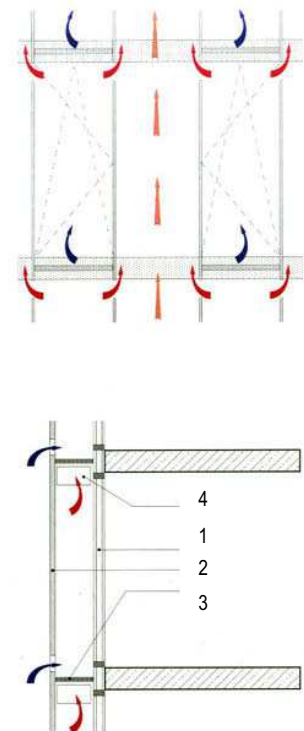
- l'esigenza di massima *privacy* tra i diversi ambienti è soddisfatta dall'impiego di *box-window*, sistemi prefabbricati di doppi infissi con specifiche funzioni di isolamento acustico<sup>(29)</sup>;
- l'esigenza di isolamento acustico unitamente alla formazione di moti ascensionali d'aria (effetto camino) trova opportuna risposta nell'impiego di *shaft-box facades*, tipologia di facciata ventilata che sfrutta la divisione tra i piani dell'edificio<sup>(30)</sup>;
- l'assenza di particolari condizioni di rumore esterno consente l'impiego di *corridor facades*, tipo di facciata ventilata mediante camini, particolarmente efficaci nella valorizzazione della ventilazione naturale<sup>(31)</sup>;
- condizioni di impossibilità di apertura della facciata esterna inducono infine all'uso di *multi-story facades*, il più diffuso tipo di facciata ventilata<sup>(32)</sup>.

Diversi studi sottolineano tuttavia come tali caratteristiche siano da ricondursi, per essere adeguatamente valutate, alla tipologia di edificio e al contesto climatico nel quale esso è inserito. Il maggior vantaggio derivante dall'impiego della tecnologia è infatti legato alla possibilità di estendere il periodo di impiego della ventilazione naturale all'interno degli edifici, portando così a una effettiva riduzione dei costi relativi alla climatizzazione meccanizzata degli ambienti.

Tale risultato è perseguibile sulla base di considerazioni di natura diversa. Se da un lato è possibile orientare l'uso dei sistemi costruttivi al

fig. 3.20

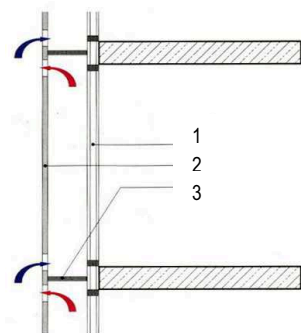
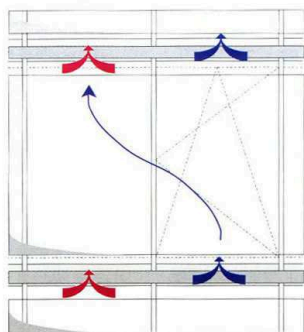
Schemi di funzionamento del tipo costruttivo: *shaft-box facade*. (1) layer interno; (2) layer esterno; (3) intercapedine; (4) bocchetta di collegamento con il corridoio centrale per massimizzare l'effetto camino. [Fonte: OESTERLE, 2001]





**fig. 3.21**  
The City Gate, Dusseldorf. Architetti  
Petzinka, Pink & Partners, 1991-97.  
[Fonte: OESTERLE, 2001]

**fig. 3.22**  
Schemi di funzionamento del tipo  
costruttivo: *corridor facade*. (1) *layer*  
interno; (2) *layer* esterno; (3)  
intercapedine.  
[Fonte: OESTERLE, 2001]



miglioramento delle condizioni di comfort degli ambienti interni, anche attraverso calcoli molto sofisticati, d'altro canto altrettanti studi evidenziano le opportunità che tali sistemi introducono nella percezione del *comfort* da parte degli utenti. In condizioni medesime di temperatura si riscontra una superiore soglia di tolleranza da parte dell'utente se è in presenza di moti d'aria dall'esterno; così come se al medesimo fruitore è lasciata la possibilità di regolare parte del funzionamento di tali sistemi, considerando con ciò anche la semplice apertura delle finestre, come sottolineato in uno tra i più diffusi metodi di progettazione sostenibile, il LEED, dove si cita: "[...] *operable windows are perhaps the single most desired feature building occupants request in the programming phase of a project.*"<sup>(33)</sup>

### Il comfort interno

Il fattore che tuttavia maggiormente influenza la diffusione di questo tipo di progettazione è la difficoltà di verifica delle ipotesi progettuali e, in generale, delle condizioni di *comfort* ricercate. Tale *comfort* è essenzialmente il benessere termico, condizione che varia in ragione al luogo, all'età e al sesso. Le stesse ricerche che evidenziano una maggiore tolleranza alla alte temperature in presenza di moti d'aria naturali, devono ancora una volta essere valutate nel caso specifico.

In questa direzione i modelli di simulazione ambientale vengono oggi implementati inserendo nel calcolo tutte quelle variabili fisiologiche legate all'individuo e responsabili della percezione del *comfort*.

Contestualmente lo sviluppo delle ricerche in questo senso e nella pratica costruttiva è incoraggiato anche da normative e regolamenti, sia internazionali sia nazionali. È il caso della Svizzera dove "*Obtaining a permit to install air conditioning requires that designers show that it is really unavoidable and that there are no other low-energy-consuming alternatives that will produce comfortable ambient conditions inside the building.*"<sup>(34)</sup>

Come e quando impiegare questi strumenti diventa dunque un problema relativo ai costi e ai tempi della progettazione, alla comunicazione del progetto al committente e/o agli utenti, all'efficacia e economicità delle scelte costruttive individuate.

**Fig. 3.23**

Riqualificazione del fronte ovest in un edificio residenziale nel centro di Berlino. Tipo costruttivo: *box window*. [Fonte: l'autore, 2010]

**Fig. 3.24**

Sistema modulare per facciata ventilata realizzato su progetto dello studio *Gatermann + Schossig*. Il sistema prevede la scomposizione di ciascun modulo in settori "specializzati": gli elementi in vetro trasparente apportano il massimo incremento di luce diurna per unità ambientale; gli elementi in vetro colorato nascondono i sistemi impiantistici integrati per la ventilazione efficiente tra il sistema di involucro e l'interno degli ambienti. [Fonte: GATERMANN + SCHOSSIG, sito ufficiale].

### 3.3 Il vetro nelle tecnologie solari

Per il bilancio energetico di un edificio l'involucro costituisce il sottosistema costruttivo più importante e in tale sottosistema la tecnologia del vetro riveste, in virtù delle sue stesse proprietà fisiche e chimiche, un ruolo centrale.

Da quando a partire dagli anni Ottanta del XX secolo lo sfruttamento dell'energia solare attraverso i sistemi di facciata e di copertura degli edifici è divenuto un tema diffuso di ricerca nell'ambito del settore delle costruzioni, anche nella filiera stessa della produzione del vetro piano si sono sviluppati nuovi ambiti di ricerca. Dalla sua comparsa come materiale costruttivo negli edifici il vetro è stato apprezzato per la capacità di consentire l'ingresso della luce naturale e del calore che ad essa si accompagna. In relazione poi alle diverse zone climatiche nelle quale gli edifici vennero inseriti tale caratteristica fu avvertita, alternativamente, come una risorsa o un limite, in rapporto alla disponibilità e capacità dei sistemi esistenti di proteggere da una eccessiva radiazione solare incidente.

In questo senso le finestre rappresentano già, unitamente ai sistemi di oscuramento, una prima forma di *collettore*, inteso come sistema per l'accumulo di calore e l'isolamento dalle condizioni esterne, ma è una conquista recente nella tecnologia delle costruzioni l'ottimizzazione della parete esterna come dispositivo di mitigazione del clima e la sua scomposizione in zone specializzate.

Solo negli ultimi venti anni infatti, con l'introduzione consapevole di tecnologie di sfruttamento *diretto* e *indiretto* dell'energia solare e i progressi compiuti in ambito industriale sulla qualità del vetro vi è la possibilità di captare, accumulare, distribuire e proteggersi dalla radiazione solare in modo programmato e variabile, nell'arco della giornata e delle stagioni dell'anno.

#### 3.3.1 Il vetro nei sistemi passivi

Il problema di sfruttare la radiazione solare immagazzinando calore a mezzo di ampie superfici vetrate si accompagna con quello di contenere la dispersione termica verso l'esterno, derivante dalla presenza di superfici permeabili alla luce.



La più antica strategia per controllare tale fenomeno consiste nella stratificazione dell'involucro, innanzitutto in corrispondenza di dette superfici vetrate: ne sono un esempio le finestre a doppio telaio, ma anche le logge vetrate.

Con la possibilità giunta nel XX secolo di disporre di superfici di sempre maggiore dimensione accresce l'importanza delle zone temperate, quali appunto quelle di spazi intermedi di filtro, per il riscaldamento degli edifici. Questi spazi hanno inoltre assunto nel tempo una molteplicità di funzioni; da quelle a carattere di servizio o di tipo manutentivo allo svolgimento di attività quotidiane, legate talvolta a particolari periodi dell'anno.

Le serre rientrano tra tali tipologie e ad esse sono inoltre riconducibili i sistemi di involucro di cui si è parlato in precedenza.

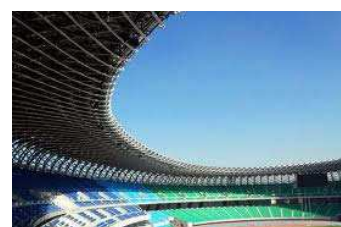
Un esempio importante dell'uso di questa tecnologia e nella storia dell'innovazione nella filiera del vetro è il progetto seguito dallo studio di Peter Rice negli anni 1980-83 per le *Serre a Parc de la Villette* a Parigi. Concepite come zone di filtro visivo ma anche climatico tra lo spazio interno del museo e quello esterno del parco. Il progetto richiese la consulenza di specialisti nell'industria delle costruzioni; per questo vennero incaricate della consulenza le società SGTE e Noveleg.

Se oggi tale progetto risulta superato dalle odierne possibilità di controllo e verifica disponibili in fase di sviluppo dell'opera, al tempo risultò innovativo anche per l'uso che venne fatto di simulazioni software per lo studio del microclima interno, in rapporto a forma e volume.

Lo specchio d'acqua esterno e la presenza di bocchette nella parte inferiore delle strutture permise di creare moti d'aria che, integrati con sistemi di condizionamento, mantenevano il clima alle condizioni di progetto.

In un'architettura che impiega la tecnologia del vetro l'entità del guadagno solare è in relazione all'esposizione, alla percentuale di superfici vetrate, alla presenza di fattori di ombreggiamento e all'inclinazione delle superfici vetrate. Frequentemente per evitare fenomeni di surriscaldamento estivo vengono applicate schermature, fisse o mobili per mezzo di sistemi di automazione.

Tra i sistemi passivi rientra anche la *parete ad accumulo* o parete di Trombe, che sfrutta la presenza di una superficie vetrata orientata a sud combinata con una parete opaca dipinta di nero, dotata di camera d'aria e posta in comunicazione o direttamente con l'ambiente retrostante a mezzo di bocchette per la circolazione dell'aria o con l'impianto di riscaldamento. Lo stesso principio è applicato nel caso di *sistemi ad isolamento termico traslucido* dove a una parete piena con elevata massa di accumulo viene applicato uno



**Fig. 3.25**  
World Game Main Stadium, 2009, Toyo Ito, Kaohsiung, Taiwan, Giochi Olimpici 2009

strato di isolante termico traslucido, protetto poi da lastre di vetro o policarbonato o polimetilmetacrilato. Talvolta, nel caso del vetro, questo si presenta in doppia lastra con interposto l'isolante.

### 3.3.2 Il vetro nei sistemi attivi

Per quanto presente anche nei sistemi a collettori solari<sup>1</sup> sotto forma di tubazione, il vetro è sicuramente uno dei componenti essenziali nei sistemi fotovoltaici<sup>2</sup>.

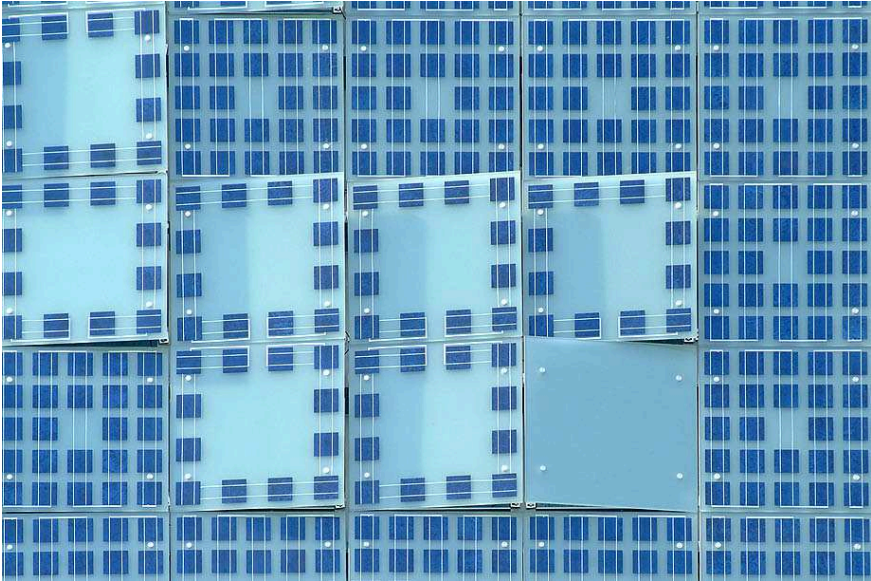
Il corpo centrale di tali impianti è costituito da moduli, celle solari, che si presentano variamente composte ma in ogni caso caratterizzate da una struttura base in lastre di vetro, di diversa resistenza.

L'indicatore caratteristico di questi sistemi è il rendimento dell'impianto che risulta correlato a l'inclinazione e esposizione dei moduli rispetto all'irraggiamento solare e alla presenza di eventuali fattori di ombreggiamento. Il miglioramento in termini di rendimento del singolo modulo, delle modalità di integrazione ai sistemi edilizi esistenti e di facilità di montaggio hanno permesso, in tempi recenti, di inserire in modo flessibile questi elementi nell'involucro degli edifici.

In questo tipo di architetture l'elemento fotovoltaico, diversamente integrato e integrabile nei sistemi di facciata e copertura, risulta una superficie impermeabile alla luce e dunque anche alla vista. Il vantaggio dunque derivante dalla possibilità di uno sfruttamento diretto dell'energia solare si accompagna a limiti dal punto di vista del *comfort* dell'ambiente interno, che dovrà essere diversamente gestito.

#### Fig. 3.26

Moduli fotovoltaici, *Green Pix*, Simone Giostra & Partners Architects, Beijing China, Giochi Olimpici 2008.



## NOTE

(1) ROGORA, A., "La grammatica della luce", in *Luce naturale e progetto*, Maggioli Editore, Rimini, 1997, pp. 20-45

(2) LANG, KRIPPNER, HERZOG, " Fattori interni e esterni", in *Atlante delle facciate*, UTET, 2004, pp. 19-23

(3) La caratteristica della "permeabilità" attribuita a un materiale esprime la capacità dello stesso, in qualità di *mezzo*, di essere attraversato "lentamente" (dunque in un arco di tempo variabile a seconda della natura del mezzo) da un fluido o da un gas e di trattenere parte delle particelle in essi contenute. In questo senso anche una muratura in mattoni è considerata, per via della sua porosità, un filtro rispetto all'umidità; lo stesso non si può dire nei confronti della luce nella sua componente luminosa, poiché è un materiale opaco; al contrario tutti i materiali sono considerabili "filtri" dal punto di vista del calore in relazione alla rispettiva "inerzia termica".

(4) Da DEVOTO, OLI, voce "luce".

(5) Da SABATINI, COLETTI, voce "luce".

(6) ROGORA, Op. cit., p. 43.

(7) La luminanza è data dal rapporto tra l'intensità luminosa "I" emessa, riflessa, oppure trasmessa dalla superficie "S", nella direzione assegnata e l'area apparente della superficie stessa (l'area apparente è la proiezione della superficie S sul piano normale alla direzione dell'intensità I). FELLIN, Lorenzo, (a cura di), "Luce e materiali", in *Manuale di illuminotecnica*, Milano, Tecniche Nuove, 1999, pp. 24-36.

(8) Il livello luminoso indica la quantità media di luce in un determinato ambiente, può essere espresso sia utilizzando valori numerici assoluti, sia utilizzando valori percentuali rispetto alle condizioni di illuminazione esterna. In questo caso si parla di *fattore di luce diurna*. ROGORA, A., Op. cit., p. 62.

(9) ROGORA, A., "La grammatica della luce", in Op. cit., Maggioli Editore, Rimini, 1997, pp. 20-45

(10) *Ibid.*, p.33.

(11) Il livello luminoso indica la quantità media di luce in un determinato ambiente, può essere espresso sia utilizzando valori numerici assoluti, sia utilizzando valori percentuali rispetto alle condizioni di illuminazione esterna. In questo caso si parla di *fattore di luce diurna*. ROGORA, p. 62.

(12) Per abbagliamento si intende l'effetto indesiderato causato dall'eccessivo contrasto tra elementi aventi luminanza differente, che si trovino nel campo visivo dell'osservatore. ROGORA, Op. cit., p. 33. O ancora condizione di visione nella quale c'è disagio o riduzione della capacità visiva, a causa di una inadatta distribuzione o gradiente di luminanza o di un eccessivo contrasto nello spazio e nel tempo, FELLIN, Lorenzo, Op. cit., p. 29.

(13) *Ibid.*, p. 47.

(14) *Ibid.*, p. 62.

(15) Con riferimento alla definizione fisica di *luminanza* (nota 7) e agli studi condotti sulle reazioni fisiologiche dell'osservatore (ROGORA, Op. cit., pp.60-75) si osserva che, a parità di condizioni ambientali e con riferimento a caratteristiche medesime della sorgente luminosa, i fenomeni di disturbo visivo (quali l'abbagliamento, l'incapacità di distinguere chiaramente le forme, i colori ecc.) sono amplificati in presenza di un mezzo traslucido posto tra l'osservatore e l'oggetto della visione.

(15) ROGORA, Op. cit., p. 66.

(17) MOORE, Fuller, "The passive solar movement", in *Environmental control systems. Heating, cooling, lighting*, McGraw-Hill, 1993, pp.10-17.

(18) Questa tipologia di prodotti deriva dalle ricerche svolte in ambito industriale nel decennio

precedente. In Europa una gamma di prodotti con medesime prestazioni veniva commercializzata dalla Saint-Gobain con il nome di *verre Thermolux*. Si trattava di lastre stratificate composte di un foglio di “fibra di vetro” interposto a due lastre. Tale composizione conferiva al prodotto finito specifiche proprietà isolanti e di diffusione della luce. Per una trattazione più approfondita si rimanda al capitolo cinque. Fonte: Archivio privato della compagnia Saint-Gobain, Blois, Francia.

## NOTE

(19) MOORE, Fuller, *Op. cit.*, p. 87.

(20) *Ibid.*, p. 37

(21) Per esempio un aumento dell'abbigliamento da 0 clo (nude) a 1.5 clo diminuirà la necessità della temperatura dell'ambiente di 8°C per una persona sedentaria, ma di 19°C per una persona in movimento, MOORE, Fuller, *Op. cit.*

(22) Nel 1984 la *World Health Organization* così definisce la combinazione di malesseri sofferti dal 30% delle persone in luoghi di lavoro caratterizzati da una *scarsa qualità dell'aria* determinata da una combinazione non ottimale e controllata dei sistemi impiantistici di riscaldamento, ventilazione e condizionamento (*heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems*).

(23) *Ibid.*, p. 24

(24) Le condizioni del vento legate al luogo e alle condizioni atmosferiche specifiche differiscono molto per intensità e direzione e in fase di progettazione possono essere prese in considerazione soltanto sulla base di valori statistici. In HERZOG, T., KRIPPNER, R., LENG, W., *op. cit.*, p. 23.

(25) È questo il caso in cui sistemi a involucro vetrato vengono giustapposti in contesti di riqualificazione di edifici residenziali. Qui la possibilità di intervenire sull'involucro da parte dell'utente, una volta che è stato adeguatamente informato, ha ricadute su singoli costi di gestione energetica, anche se il proprietario/locatore è un soggetto terzo.

(26) Questo accade tanto nelle più piccole realtà degli studi di progettazione, quanto nelle più grande. La differenza sta, eventualmente nel secondo caso, in una compartecipazione di un rappresentante della direzione in pianificati momenti informativi con l'investitore e il suo rappresentante (consulente tecnico). Il ruolo del *leader* di progetto non è per questo meno oneroso. Dovrà sostenere le scelte progettuali sia davanti ai propri superiori sia di fronte al cliente.

(27) OESTERLE, LIEB, LUTZ, HEUSLER, *Double-skin facades : integrated planning : building physics, construction, aerophysics, air-conditioning, economic viability*, Monaco, Londra, New York, Prestel, 2001, p. 7.

(28) *Ibid.*, p. 37.

(29) *Ibid.*, pp. 15-42.

(30) *Ibid.* Questa tipologia rappresenta una evoluzione della prima, *box-window façade*, costruita sulla base del principio *twin-face* sviluppato dalla *Alco Company* di *Munster*. Il *layout* di facciata consiste nel replicare, in corrispondenza di ogni unità ambientale interna, una *box-window* e un corridoio per la risalita dell'aria calda, per creare il cosiddetto *stack effect*.

(31) *Ivi.*

(32) *Ivi.*

(33) In *Reference Guide, LEED, Leadership in Energy and Environmental Design*, U.S. Green Building Council, versione 2.2, 2005.

(34) MENGURO, Wendy, *Beyond Blue and Red Arrows: Optimizing Natural Ventilation in Large Buildings*, MIT University Press, 2005, pp.140.



## Schede progetto

## Hongkong and Shanghai Bank Headquarters, Hong Kong, Cina, 1979-86

<b>Committente</b>	Hongkong and Shanghai Banking Corporation
<b>Progettisti /team di progetto</b>	Foster and Partner
<b>Consulenti al progetto</b>	Ove Arup & Partners, Northcroft Neighbour & Nicolson with Levett & Bailey, Roger Preston & Partners, <b>Technical Landscapes Ltd</b> , Claude and Danielle Engle <b>Lighting</b> /Bartenback Wagner Lichttechnische Planung GmbH, <b>Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory</b> , University of Western Ontario, Cini-Little Associates, Dieter Jaeger / Quickborner Team, Fitch & Chung, Humberside <b>Maintenance Systems</b> , John Lok / Wimpey Joint Venture, Jolyon Drury Consultancy, Mass Transit Railway, Professor Eric Lye, <b>Project Planning Group</b>
<b>Produttori</b>	---
<b>General contractor e project manager</b>	---
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Torre per uffici sede della omonima compagnia bancaria
<b>Dimensioni</b>	99.000 mq
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima tropicale ( <i>classificazione di Koppen</i> )





*“The project management structure should ensure maximum interaction between the Bank and design team—hopefully direct and personal.”*

Così si esprimeva Sir Norman Foster presentando il progetto del proprio *team* alla committenza durante la prima fase del concorso a inviti e proseguiva fornendo raccomandazioni sulla gestione del progetto così come sull'importanza del coordinamento delle scelte progettuali, dalle strutture portanti, agli arredi.

*“Past experience has shown the value of direct and personal contact through key individuals between client and design team.”*

Lo studio Foster and Partner si trovava ad affrontare un inedito problema progettuale:

- il primo progetto all'estero;
- il primo progetto di un grattacielo;
- la costruzione in un Paese che non possedeva una propria industria pesante.

Nonostante il progetto abbia seguito un *iter tradizionale* di affidamento, secondo il metodo del *design-bid-built* in cui il *leader* di progetto è responsabile della progettazione e segue la costruzione, le condizioni in cui il progetto si sviluppa e le precedenti esperienze dello studio fanno sì che ancora oggi questo progetto sia uno dei più studiati dal punto di vista del processo industriale ad esso sotteso.

Nel 1978 gli amministratori della hongkong & shanghai bank decisero di sostituire l'edificio della sede centrale costruito nel 1935.

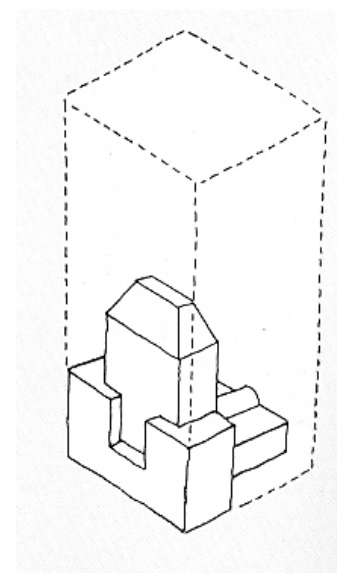
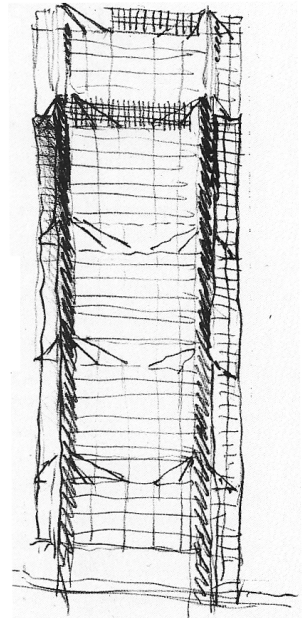
La decisione era indifferibile. Dalla fine della Seconda Guerra Mondiale la banca non aveva fatto altro che espandersi.

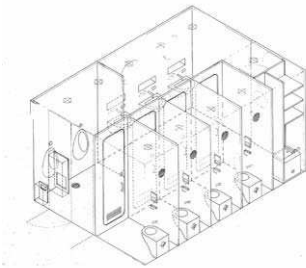
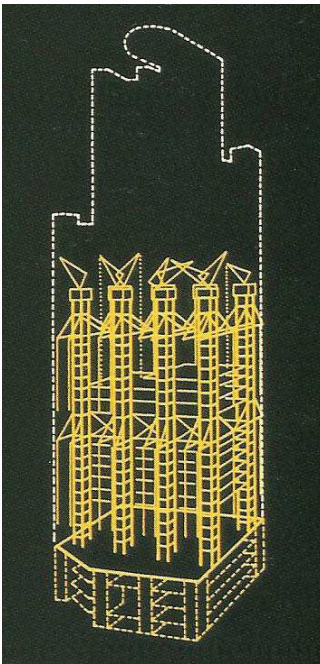
A tutto questo si erano aggiunti gli enormi cambiamenti tecnologici che avevano moltiplicato le operazioni che la banca doveva gestire. Tuttavia non era una decisione facile da perseguire: per la mentalità orientale poteva sembrare una sfida alla fortuna, un atto che poteva compromettere il sentimento di affidabilità associato alla banca stessa.

Il consiglio di amministrazione decise quindi di il nuovo edificio avrebbe dovuto avere un disegno di grande forza e fascino tale da assicurare alla banca la stessa visibilità e autorevolezza garantite dalla vecchia sede.

Stilarono dunque una lista di sette tra i maggiori studi professionali del globo e li

## Programma





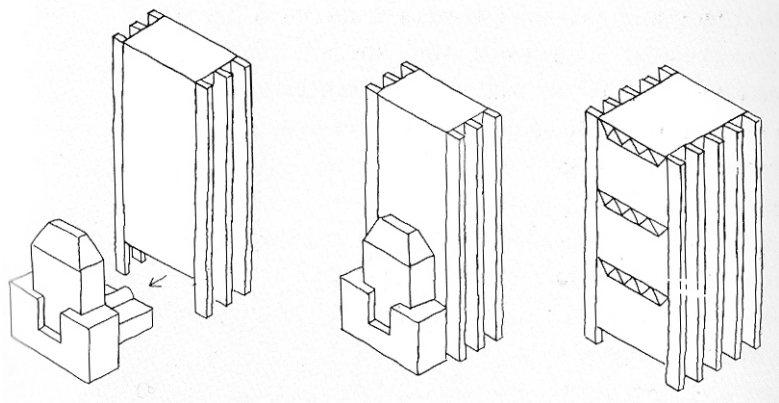
invitarono, testualmente, “a presentare una proposta per il miglior edificio bancario del mondo”.

Dal concorso a inviti uscì vincitore Norman Foster il quale al tempo non aveva mai lavorato a Hong Kong e non aveva mai realizzato un grattacielo.

Una condizione inderogabile era il mantenimento in funzione della vecchia sede mentre si costruiva, sullo stesso lotto, quella nuova.

Da ciò derivò un'idea della struttura a ponte che caratterizza anche il progetto finale. Tuttavia la scelta di mantenere in opera il vecchio edificio durante la costruzione venne abbandonata dallo stesso consiglio di amministrazione in quanto avrebbe precluso la possibilità di utilizzare razionalmente la parte bassa e l'interrato della costruzione per sistemarvi gli archivi, i depositi, i macchinari e gli impianti.

Nonostante ciò lo schema del progetto non cambiò sostanzialmente



## Fonti

### Testi

BENNETT, David, *Grattacieli : come sono, dove sono, come si costruiscono gli edifici più alti del mondo*, Novara, Istituto geografico De Agostini, 1996, pp. 120 (edizione italiana a cura di Flavio Conti, titolo originale, *Skyscrapers. The world's tallest buildings and how they work*, London, Aurum, 1995), pp.85-120

MATSUSHIMA, Shiro, *The Hongkong and Shanghai bank, Hong Kong*, Harvard, Harvard Design School, Center for Design Informatics 2003, pp.10  
[<http://campus.fortunecity.com/rice/1344/madeinhk.html>]

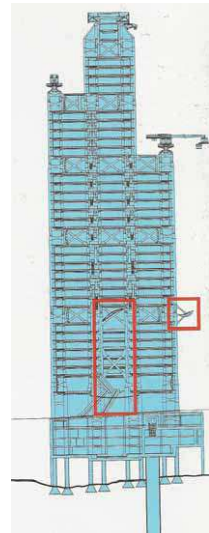
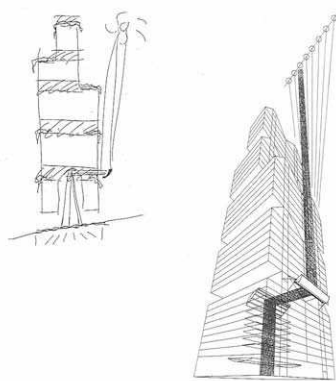
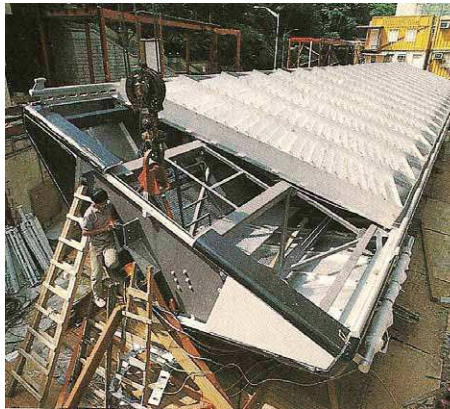
Foster and Partner, [[www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)]

Arup, [[www.arup.com](http://www.arup.com)]

Alcune fasi del processo progettuale e del trasporto in cantiere di moduli prefabbricati.

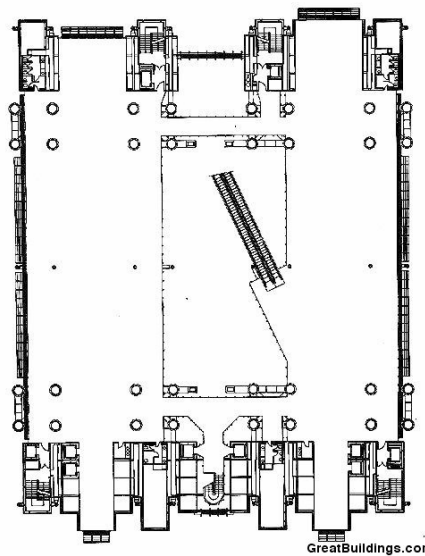
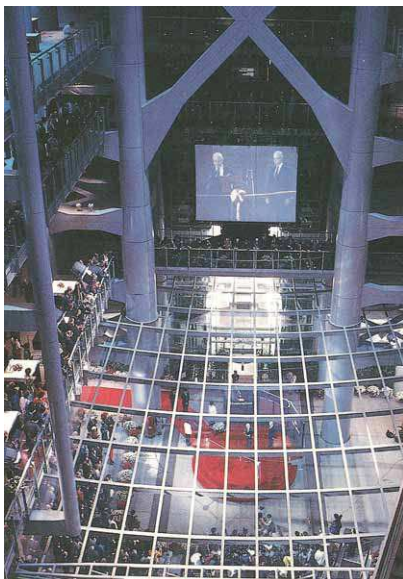
[Fonte delle immagini: BENNETT, 1996]





La quasi totalità dei 480 specchi che compongono il periscopio solare è stata fornita su misura; i moduli sono stati assemblati e collaudati in Germania.

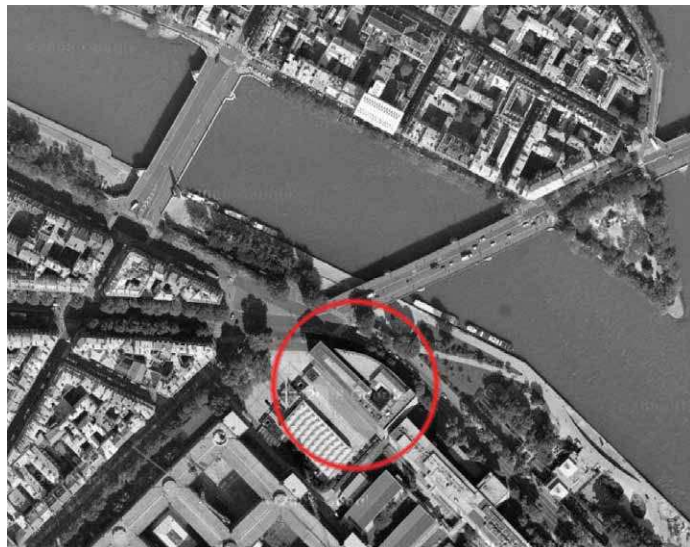
Al'imponente morfologia del periscopio solare sul fronte sud dell'edificio corrisponde la zona dell'atrio, appositamente studiata per essere il centro distributivo dei flussi e della luce naturale negli spazi principali della torre.



Planimetria dell'attacco a terra e vista dell'atrio.

## Institut du monde Arabe, Paris, France, 1981-87

<b>Committente</b>	<i>Institut du monde arabe</i> , Scarif (rappresentante della proprietà)
<b>Progettisti /team di progetto</b>	<b>Architetti</b> : Jean Nouvel, Gilbert Lezenes, Pierre Soria ( <i>Ateliers Jean Nouvel</i> ); <b>Architecture studio</b> : Jl. Besnard, Pascal Debard, Jm Reyner. <b>Project manager</b> : JJ. Raynaud, Antoinette Robain (Museografia) Adeline Rispail. Estimo: Cabinet Sery Bertrand. Parigi, 1981-87
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Scenografia</b> : Jacques Le Marquet. Progettazione d'interni: François Seigneur. <b>Architectural adviser</b> : Sa Zaidan. <b>Progettazione illuminotecnica</b> : Licht Design. Strutture: Arcora. Paesaggio: A. Richert. <b>Water design</b> : Présence de l'eau; Anne Frémy. Spazio per bambini: G. Glaser. Scenografia dell'auditorium: Michel Seban. <b>Serigrafie della facciata nord</b> : P.M. Jacot.
<b>Produttori</b>	---
<b>General contractor e project manager</b>	JJ. Raynaud, Antoinette Robain, Adeline Rispail.
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Centro culturale, museo, spazi per esposizioni temporanee, libreria, centro di documentazione, auditorium e sale conferenze, ristorante, spazi per bambini.
<b>Dimensioni</b>	25.263 m2
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima temperato oceanico ( <i>classificazione di Koppen</i> )



La rappresentanza dei 19 paesi Arabi che commissionò allo studio *Jean Nouvel* il progetto “si aspettava forse qualcosa di più tradizionale nelle forme, più simile ad una moschea in Parigi”<sup>1</sup>.

Ciononostante il progetto piacque e in modo particolare per quel mosaico di poligoni che caratterizza il fronte sud. Concepiti infatti in modo opposto, il fronte nord dialoga con la capitale francese attraverso un fronte in vetro dal linguaggio tradizionale, mentre il fronte sud, anch'esso modernamente inteso e “equipaggiato” rievoca forme della tradizione araba.

Completata nel 1987 la facciata sud-est dell'*Institut du Monde Arabe* è divenuta il prototipo della “facciata dinamica”, ovvero di un sistema di involucro in grado di interagire in modo programmato con l'ambiente che lo circonda.

Le tecnologie impiegate nelle facciate esterne dell'edificio e in particolare nel famoso prospetto sud rappresentano la soluzione ideata dai progettisti per rappresentare l'identità dell'edificio all'esterno, in uno dei più famosi *arrondissement* di Parigi, il quartiere di *Saint Germain*. La trasparenza della facciata è esternamente appena denunciata poiché più evidente è il mosaico composto dagli elementi del grande diaframma, preposti al controllo dei fattori luminosi all'interno dell'edificio. Questo sistema modulare che riconduce a un'idea di decorazione tipica della cultura Araba risponde alla duplice esigenza di controllare la radiazione luminosa in ingresso sul fronte più esposto, quello a sud appunto, e di restituire all'interno un'idea del rapporto mediato, da filtri e diaframmi, che l'architettura araba ha da sempre con la luce. L'apertura dei singoli moduli è gestita, come il sistema frangisole, da un sistema elettronico.

## Fonti

### Testi

Atelier Jean Nouvel, [www.jeannouvel.com]

AA.VV., “Istituto del Mundo Arabe”, in AA.VV., *El Croquis*, 1994, n° 65, *Jean Nouvel 1987-1994*, Madrid, pp. 60-87

HERZOG, KRIPPNER, LANG, “Institut du Monde Arabe”, in *Atlante delle facciate*, Torino, UTET, 2005, pp. 266-267

LOUGHRAN, Patrick, “Intelligent glass facades”, in *Falling glass. Problems and solutions in contemporary architecture*, Boston, 2003, pp. 88-89.

<sup>(1)</sup> NOUVEL, Jean, “Descrizione del progetto” in [www.jeannouvel.com](http://www.jeannouvel.com)

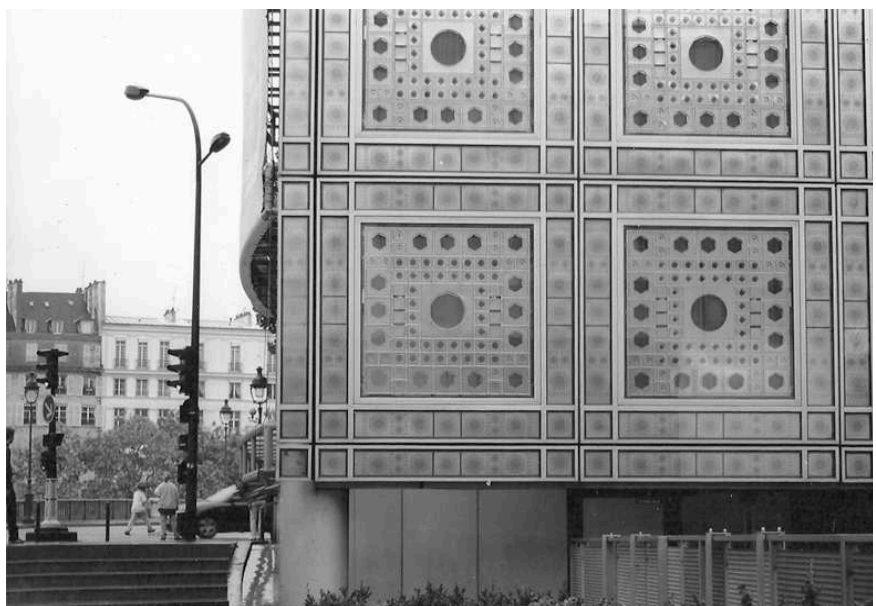
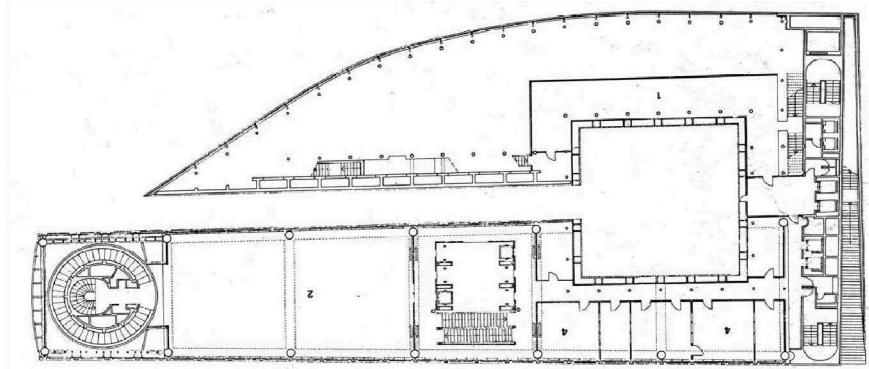
## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto





Dall'alto:  
planimetria dell'attacco a terra, [El  
Croquis, 1994, n° 65];  
prospetto sud-ovest e dettaglio, la  
luce in entrata è controllata mediante  
un elevato numero di otturatori, che  
funzionano come un diaframma negli  
apparecchi fotografici  
[foto dell'autore].





## Neue Messe, Lipsia, Germania, 1992-96

<b>Committente</b>	Neue Messe Leipzig
<b>Progettisti / team di progetto</b>	Von Gerkan, Marg and Partner-Wolkwin Marg; Hubert Nicuhoff, Kemal Akay ( <i>project managers</i> )
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Strutture:</b> Polonyi + Partner, H. HaringerSchlaich Bergermann + Partner; Obermeyer Albis-Bauplan, RWTH. <b>Vetro e facciate:</b> Ian Ritchie Architects; PBI, Klaus Glass, Wronn Engineers. <b>Paesaggio:</b> Eppinger, Schmidtke. <b>Controllo dell'umidità:</b> von Rekowski-Wolff
<b>Produttori</b>	---
<b>General contractor e project manager</b>	Ingenieurburo Rauch and Wiese
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Centro fieristico
<b>Dimensioni</b>	273.000 mq; 2.608.255 mc
<b>Zona climatica</b>	Clima boreale con estate calda (classificazione di Koppen)





Il nuovo centro fieristico e espositivo si colloca a nord della città di Lipsia e si configura come il più esteso intervento edilizio all'interno del progetto "Reconstruction of the East", uno tra i molti interventi strutturali che hanno caratterizzato la Germania dopo il 1989.

Il progetto dello studio *Gerkan, Marg and Partner* ha previsto l'edificazione del nuovo polo commerciale in prossimità delle più importanti infrastrutture viarie e aeroportuali e esternamente all'area urbana, dove al contrario un tempo si trovava collocato. La volontà espressa dalla committenza ha portato, in accordo con le istituzioni cittadine alla realizzazione di un progetto architettonico e insieme paesaggistico con il compito di sottolineare il ruolo centrale svolto dalla città di Lipsia come centro commerciale tra le aree ad Est e a Ovest del Paese.

Lo schema dell'intervento ha previsto la centralità della zona d'ingresso e dei relativi servizi, funzioni che vengono ospitate al di sotto della gigantesca cupola vetrata, "The Glass Hall", più volte ribattezzata "The new Crystal Palace".

Allo stesso tempo i diversi padiglioni distribuiti secondo l'asse centrale costituiscono unità operative autonome, accessibili direttamente dalle zone di accesso e sosta esterne.

Il progetto ha visto protagoniste molte aziende tedesche, tanto nella progettazione dell'opera quanto nella sua realizzazione, coerentemente al diffuso sentimento d'identità sotteso alla ricostruzione della nazione.

Ciononostante altri professionisti europei e americani sono stati coinvolti nell'opera. In particolare lo studio londinese *Ian Ritchie* ha seguito il progetto della struttura in acciaio e vetro della *Hall* centrale; a loro si deve lo schema strutturale dell'involucro che prevede il ribaltamento delle strutture portanti, che si trovano, contrariamente a schemi strutturali più diffusi, esterne al volume della *Glass hall*, mentre il rivestimento in lastre di vetro risulta appeso, senza soluzione di continuità, verso l'intradosso. Tale scelta va nella direzione di un contenimento del volume complessivo dell'edificio e dunque dei costi energetici che ne derivano.

## Fonti

### Testi

Gmp, Architekten von Gerkan, Marg and Partner, [www.gmp-architekten.de](http://www.gmp-architekten.de)

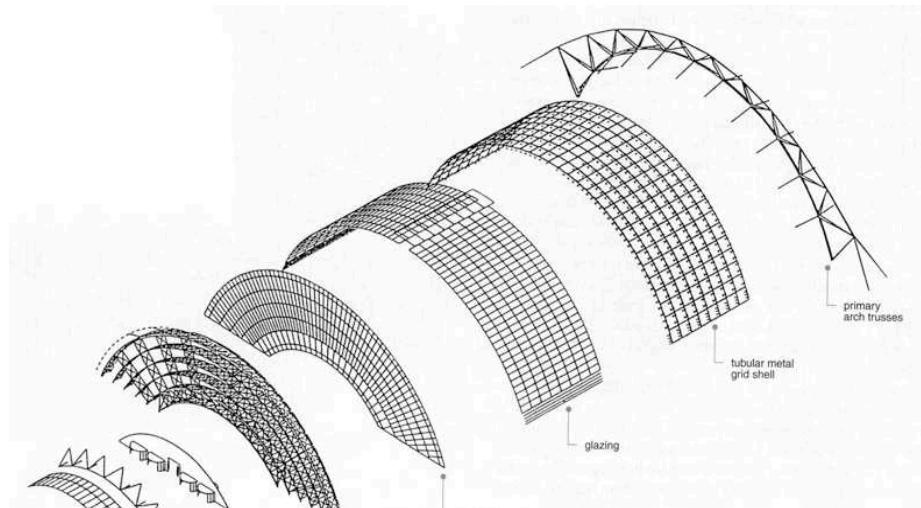
PEPCHINSKI, Mary, "Crystal Palace for reborn trade center", in AA.VV., *Architectural Record*, n° 11, 1996, pp. 80-89.

## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto

### Sistema strutturale e materiali

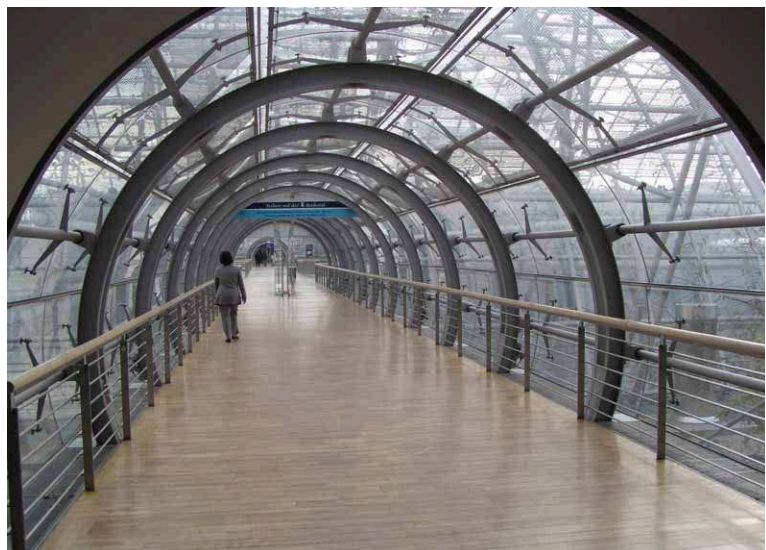
La figura al centro [PEPCHINSKI, 1996] mostra lo schema strutturale della *Hall* centrale: il rivestimento in lastre di vetro costituisce il guscio più interno della struttura. La necessità di avere un involucro riflettente ma allo stesso tempo il più trasparente possibile ha condotto alla scelta di un vetro temprato e laminato con un basso contenuto di ferro e trattato solo in alcune aree con rivestimento ceramico, per ridurre il guadagno termico. I giunti in silicone tra le lastre sono stati appositamente posati in opera su cuscinetti sferici tali da non trasmettere carichi a flessione, per effetto del carico del vento o della neve, dalle strutture portanti alle lastre stesse.

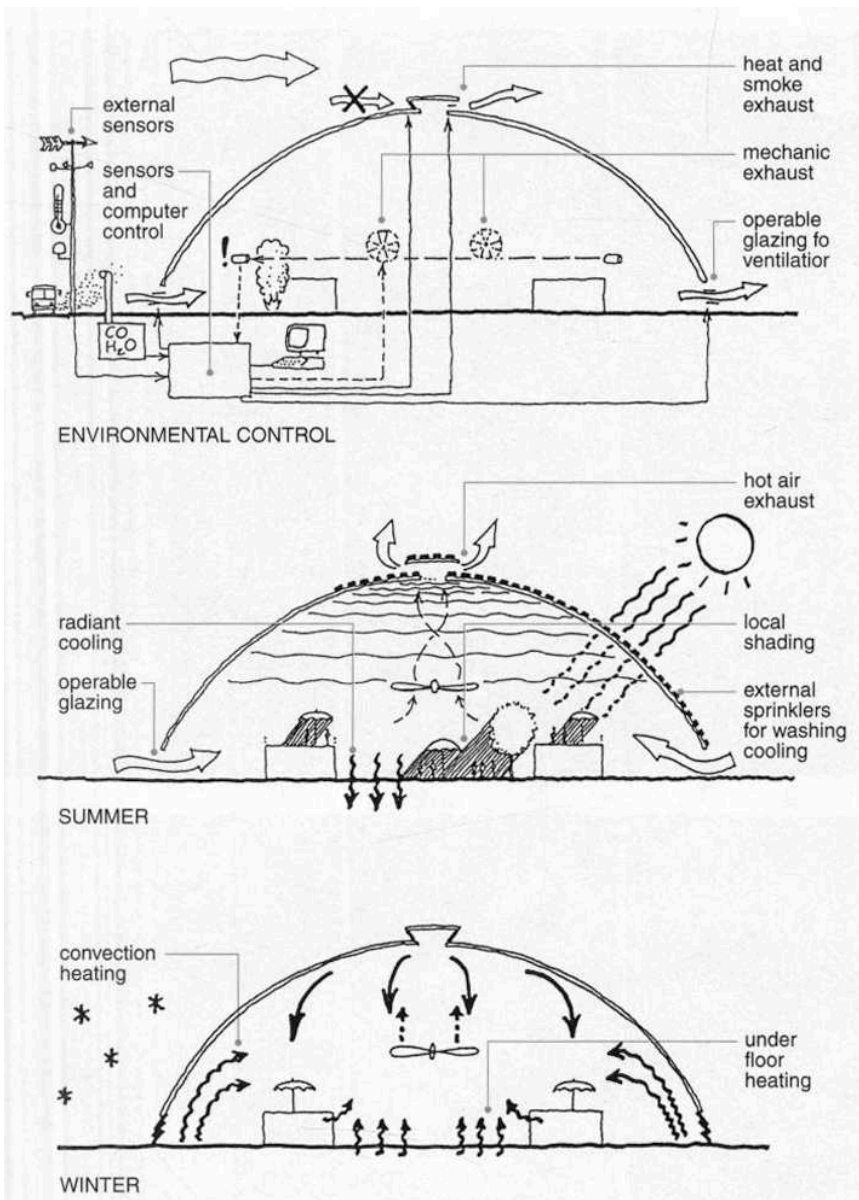
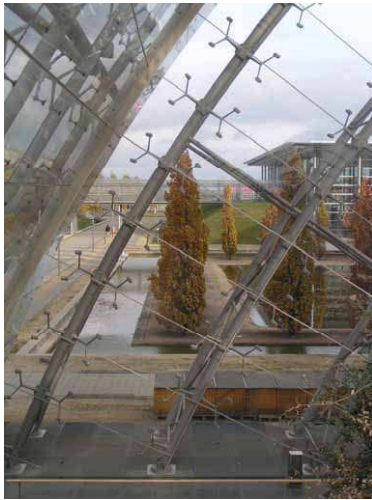


*In alto:* vista dell'intradosso della cupola della grande hall, [dell'autore].

*In basso:* vista di uno dei ponti pedonali di collegamento tra l'atrio centrale e le aree espositive, [dell'autore].

*Nella pagina accanto, in alto:* dettagli delle strutture portanti e del rivestimento in lastre di vetro, [dell'autore].





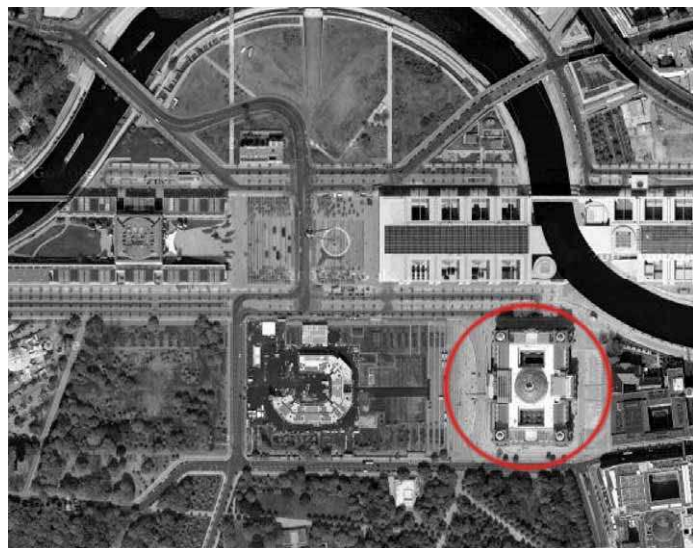
### Sistemi di controllo ambientale

La *hall* centrale rappresenta la parte più delicata dell'intero progetto per quanto riguarda l'eccessivo abbagliamento e il guadagno termico. Per controllare tali fenomeni sono stati simultaneamente predisposti: sistemi computerizzati di ventilazione; infissi apribili in sommità alla volta, per la fuoriuscita di aria calda; sistemi esterni di ombreggiatura puntualmente presenti; sistemi di nebulizzazione ad acqua all'estradosso della volta per il controllo del microclima in prossimità delle lastre, in modo tale da non rendere necessario un sistema di condizionamento forzato interno dell'ambiente; raffreddamento radiante a pavimento [PEPCHINSKI, 1996].



## Reichstag, New German Parliament, Berlino , Germania, 1992-99

<b>Committente</b>	Bundesrepublik Deutschland
<b>Progettisti / team di progetto</b>	Foster & Partners
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Ingegneria strutturale:</b> Leonhardt Andra & Partner; Ove Arup Partnership; Schlaich Bergemann + Partner. <b>Ingegneria per gli impianti:</b> Kaiser Bautechnik, Kuehn Bauer Partner, Fischer-Energie + Haustechnik, Amstein + Walthert, Planungsgruppe Karnash-Hackstein. <b>Acustica:</b> Muller BBM, IKP Ingenieur Buro Knothe e Prof. Dr. Georg Plenge. <b>Illuminotecnica:</b> Claude Engle. <b>Restauro:</b> Acanthus
<b>Produttori</b>	----
<b>General contractor</b>	<b>Site supervisor:</b> Büro am Lützowplatz AG (BAL AG)
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Sede del Parlamento tedesco
<b>Dimensioni</b>	Cupola: altezza, 23,5 m; diametro, 40 m; peso, 1200 tonnellate; acciaio, 200 tonnellate; vetro laminato di sicurezza, 3000mq.
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima continentale ( <i>classificazione di Koppen</i> )



La cupola è sicuramente l'elemento centrale dell'intero intervento. Ironicamente il progetto vincitore alla competizione firmato *Foster & Partners* non prevedeva una cupola. Il primo premio fu assegnato anche agli architetti Santiago Calatrava e Pi de Bruijn, i quali entrambi prevedevano una cupola al posto di quella più antica e distrutta. Quando anche dopo la seconda selezione viene definitivamente assegnato il primo premio allo studio londinese, ancora il progetto era lontano dall'essere ciò che è oggi. Del resto come si cita: "*Foster had 669 clients –the bundestag members. Everything was debated in infinite detail*". Così per ragioni politiche e conservative fu espressamente richiesto all'architetto di progettare una cupola, sul sedime dell'antica *Wallot's dome*.

Il progetto del Reichstag ha coinvolto numerosi specialisti con l'obiettivo di realizzare un edificio efficiente dal punto di vista energetico. In questo contesto la grande cupola svolge un ruolo determinante.

Essa funziona come un camino in grado di convogliare all'esterno l'aria calda dalla Camera Legislativa, senza l'ausilio di dispositivi meccanici. I vetri riflettenti che la rivestono sono opportunamente posizionati per riflettere e diffondere la luce naturale che penetra dalla cupola, mentre un sistema mobile di frangisole in grado di seguire l'andamento del sole durante il giorno previene i fenomeni di abbagliamento.

L'obiettivo di produrre più energia di quanta ne venga consumata è raggiunto anche grazie ad altre strategie: gli impianti di riscaldamento e condizionamento infatti impiegano olio vegetale da fonti rinnovabili; il calore in eccesso viene immagazzinato e reimpiegato; lo spessore conservato delle murature storiche permette conferisce all'insieme della struttura una buona inerzia termica. Si stima così una riduzione delle emissioni a 440 tonnellate di diossido di carbonio annue, in confronto alle 7000 stimate per l'edificio prima dell'intervento, per assolvere alle medesime funzioni e agli odierni standard di comfort interno.

## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto

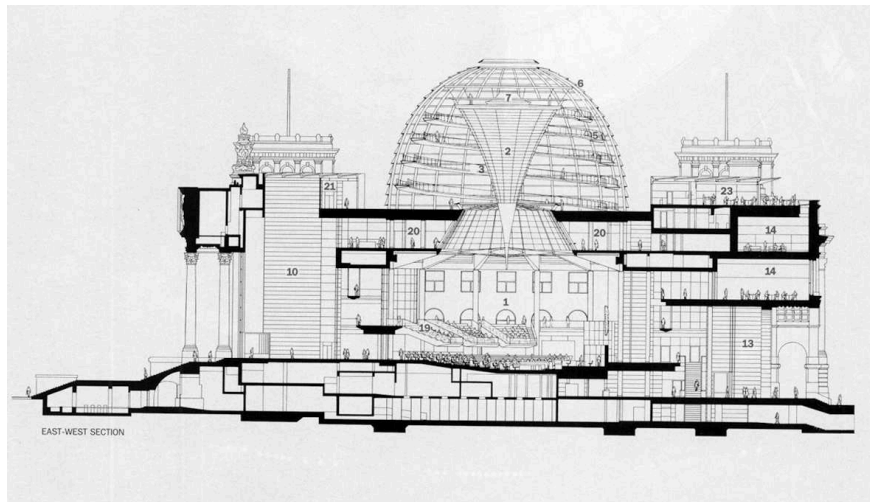
[RUSSELL, 1999].



### Le tecnologie per la gestione della luce naturale

Immagini dell'interno della cupola: dall'alto, passerella pedonale intorno al grande camino centrale, rivestito con vetri riflettenti per la diffusione dell'illuminazione naturale; sistema di oscuramento mobile per contrastare i fenomeni di abbagliamento; parte terminale del camino centrale all'interno dell'aula del Parlamento.

Sezione dell'intervento, [RUSSELL 1999].





## Fonti

### Testi

RUSSELL, James S. AIA, "With his sleek, ecological design, Lord Norman Foster imbues the Reichstag with Germany's new self-image", in *Architectural record*, 1999, n°7, pp. 102-113

LOUGHRAN, Patrick, "Sustainable building design", in *Falling glass. Problems and solutions in contemporary architecture*, Boston, 2003, pp. 100-101

Foster & Partner, [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

## Kursaal, San Sebastian, Spagna, 1990-99

<b>Committente</b>	Municipalità di San Sebastian
<b>Progettisti / team di progetto</b>	Rafael Moneo
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Strutture:</b> Javier Manterola, Jesus Jimenez Canas. <b>Ingegneria meccanica:</b> J.G. y Asociados. <b>Acustica:</b> Higini Arau
<b>Produttori</b>	<b>Vetro:</b> Cricursa; Du Pont <b>Curtain wall:</b> Umaran
<b>General contractor e project manager</b>	---
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Centro Congressi, cinema, spazio esposizioni, teatro, sala concerti
<b>Dimensioni</b>	114.048 mq
<b>Zona climatica</b>	Clima oceanico ( <i>classificazione di Koppen</i> )



Solo l'Auditorium e la Sala concerti si manifestano come volumi indipendenti.

Al contrario l'insieme degli spazi annessi, dei servizi al pubblico, alla città e alle funzioni di spettacolo sono allocati nella grande piattaforma sottostante, che si costituisce come podio di raccordo tra la baia, i volumi delle funzioni pubbliche principali e la retrostante città

L'involucro esterno è stato concepito come un sistema a doppia pelle vetrata traslucida senza soluzione di continuità, interrotta unicamente in corrispondenza dell'ingresso e di finestrate trasparenti, opportunamente posizionate per inquadrare viste sulla baia e sul paesaggio esterno.

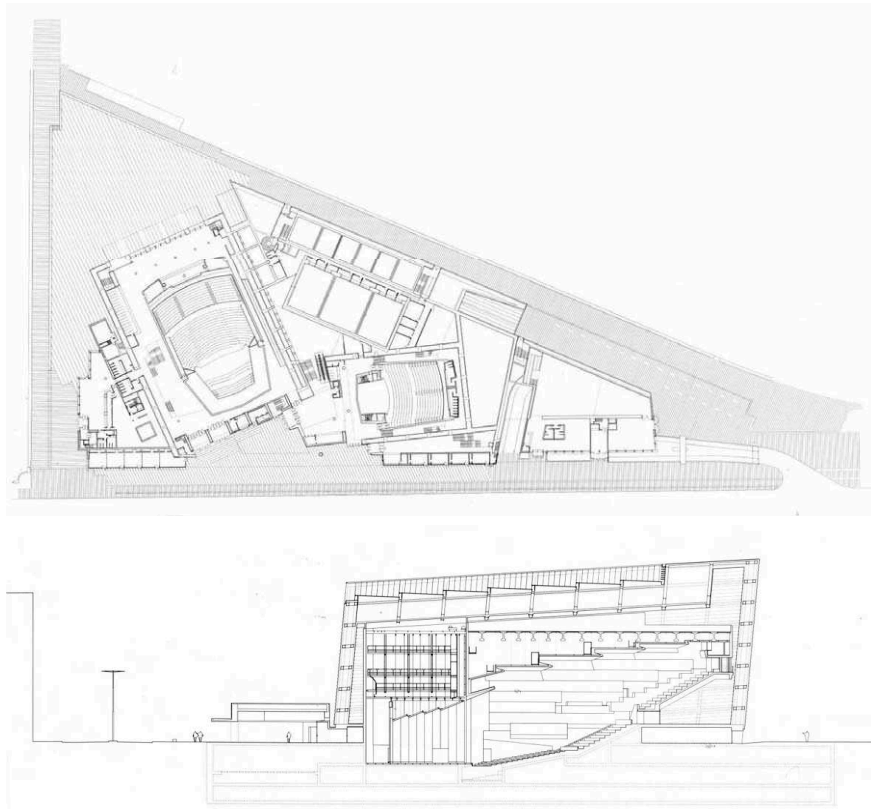
Il sistema tecnologico si compone di una chiusura vetrata esterna realizzata con un *sandwich* interno e uno esterno. Quest'ultimo si compone di una lastra di vetro a basso contenuto di ferro, laminato e curvato (per complessivi 8359 m<sup>2</sup>), avente un coefficiente di trasmissione luminosa del 90% e una seconda lastra di tipo "flutex" trasparente di 4/6 mm di spessore. Interposto un foglio di polivinile di trasparenza simile a quella del vetro più interno (produttore: Dupont). La chiusura vetrata interna invece si compone di due lastre di vetro di sicurezza a basso contenuto di ferro che costituiscono un vetro laminato avente un coefficiente di trasmissione luminosa del 90%; interposto si trova un film di polivinile trasparente.

## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto



Planimetria del livello d'ingresso e sezione dell'intervento,  
[El Croquis, n° 98, 2000]



Veduta dell'esterno del  
[El Croquis, n° 98, 2000]



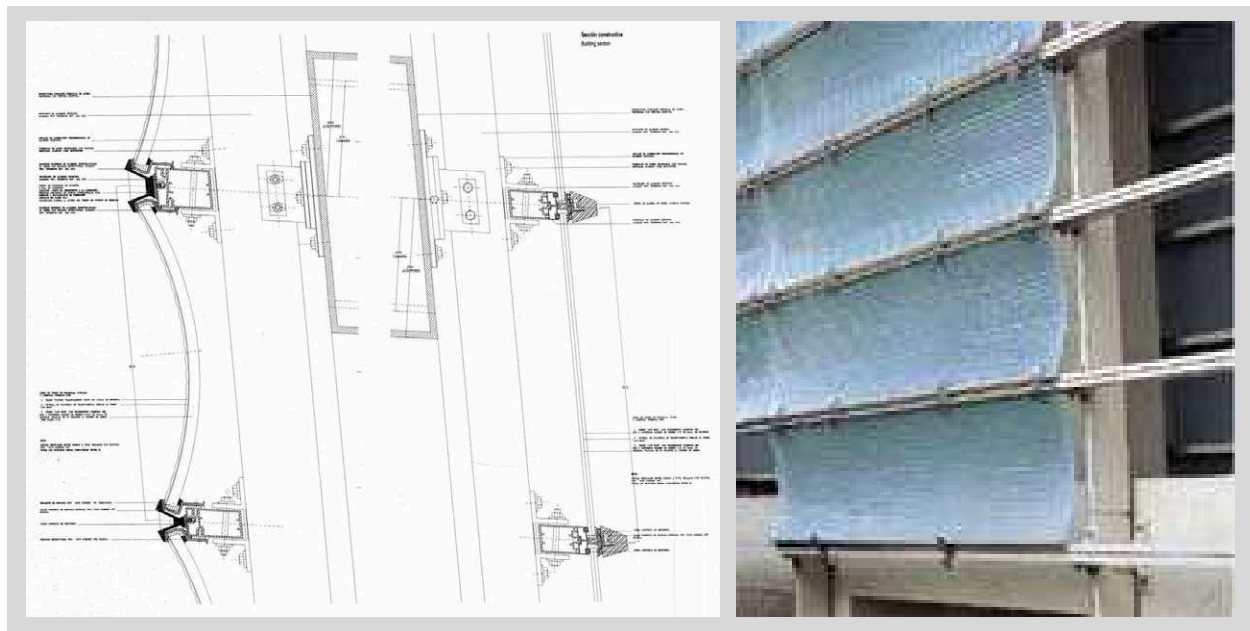
#### Un esempio di *sealed building*

Gli spazi interni di distribuzione delle diverse funzioni pubbliche.  
[fonte: l'autore].

Si tratta anche in questo caso, come nel progetto dello studio Steven Hole, di un involucro "sigillato".

Le sole discontinuità sono rappresentate dagli accessi e dalle finestrate, le quali interrompono la continuità del filtro traslucido per inquadrare il paesaggio della baia.





### Trasparenza dell'involucro in vetro

Per il progetto è stato scelto uno speciale vetro di sicurezza laminato e curvato (tipo *Crisunid*) per la produzione del quale è stata coinvolta un'azienda spagnola specializzata in questo tipo di lavorazione.

La trasparenza dell'involucro è dovuta a lavorazioni superficiali di sabbiatura e alla sovrapposizione delle lastre che compongono complessivamente il pacchetto.

### Fonti

#### Testi

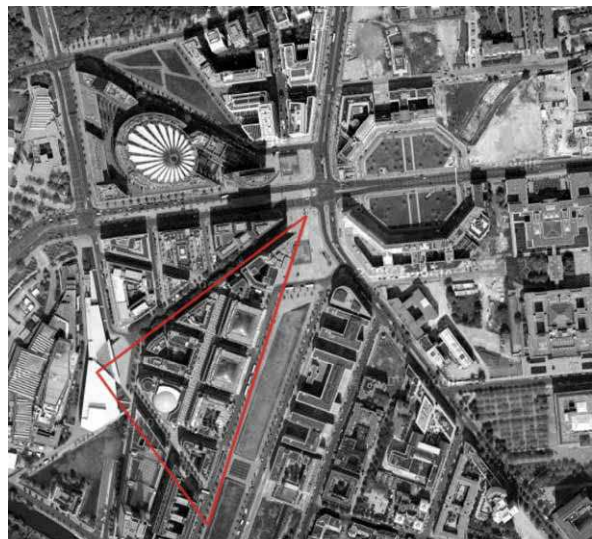
El Croquis, *Rafael Moneo 1995-2000*, n° 98, Madrid, 2000, "Kursaal De San Sebastian", pp. 88-119

[www.cricursa.com](http://www.cricursa.com), sito della società CRICURSA, leader nella produzione di vetro curvo

[www.dupont.com](http://www.dupont.com)

## Debis Tower, Berlino, Germania, 1992-2000

<b>Committente</b>	Daimler Chrysler Immobilien Gmbh
<b>Progettisti</b>	Renzo Piano Building workshop
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Strutture:</b> Boll & Partners, IBF. <b>Strutture, impianti meccanici e elettrici:</b> Ove Arup & Partners. <b>Gestione ambientale:</b> Drees & Sommer
<b>Produttori</b>	<b>Extra clear glass:</b> Sanco, Varema. <b>Sistemi esterni di oscuramento:</b> Varema. <b>Illuminotecnica:</b> AEG; Sill. <b>Cemento:</b> Alpina. <b>Granito per la pavimentazione:</b> Hoffman. <b>Rivestimenti in terracotta:</b> NBK
<b>Curtain wall</b>	Gotz; <b>curtain wall operating system and sensors:</b> Colt
<b>General contractor</b>	Dyckerhoff & Widmann AG <b>Project manager e site supervisor :</b> Drees & Sommer AG
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Edificio polifunzionale ad uso prevalente direzionale.
<b>Dimensioni</b>	46.000 m <sup>2</sup> ; 495,140 mc
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima boreale freddo con estate calda (classificazione di Koppen)





All'interno della riconfigurazione dell'area inclusa tra Potsdamer Platz e la Porta di Brandeburgo allo studio italiano Renzo Piano Building Workshop viene commissionato un complesso di otto edifici polifunzionali di cui la torre *Debis* è l'elemento caratterizzante.

Il programma dell'intervento aveva previsto, fin dalle fasi iniziali funzioni miste quali residenza, commercio, ristorazione, direzionale.

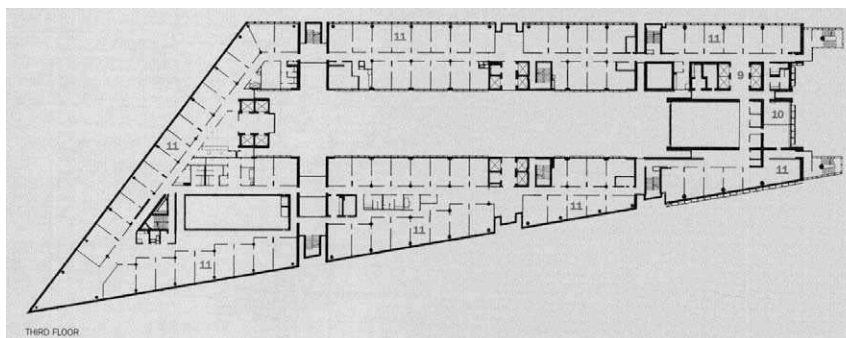
In questo contesto la torre è stata adibita a funzioni direzionali, che trovano spazio nei ventuno piani di cui si compone, mentre al piano terra si trovano servizi a destinazione pubblica.

Tema centrale nello sviluppo del progetto è stato il ruolo attribuito all'illuminazione naturale. Da questo obiettivo e dall'analisi del sito è derivato uno schema di edificio a corte centrale e una specifica progettazione degli involucri rispettivamente:

- dei fronti esterni Est, Sud e Ovest secondo un sistema a doppia facciata ventilata;
- della copertura della corte centrale vetrata;
- di un sistema *multiplayer* vetrato per i fronti che si affacciano sulla corte interna, con il fine di massimizzare la diffusione della luce naturale.

A questo schema corrisponde una distribuzione delle unità lavorative lungo i fronti e una dimensione delle stesse corrispondente a una singola postazione di lavoro.

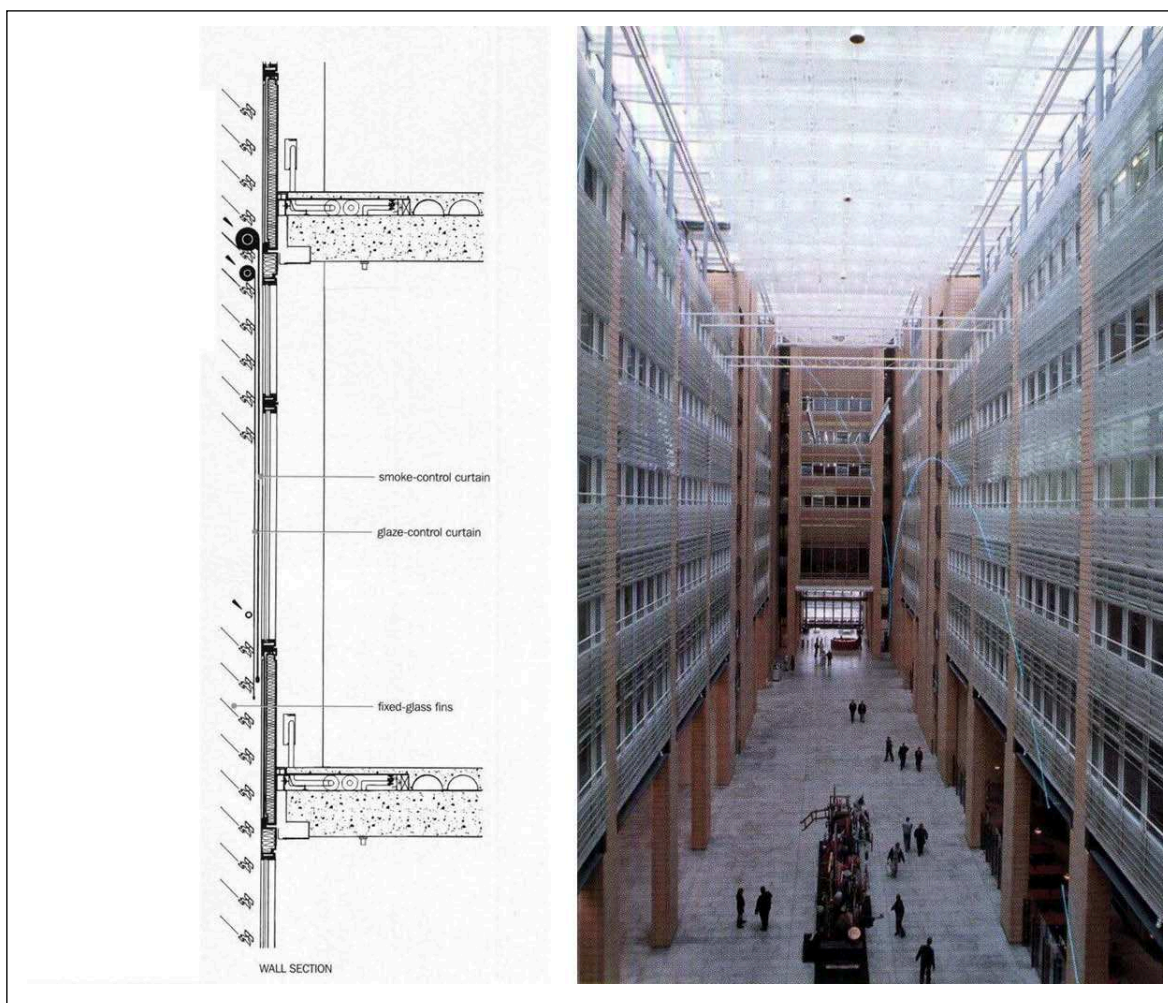
Gli obiettivi specifici del progetto hanno richiesto la stretta collaborazione tra i *leader* del progetto, Renzo Piano BW gli specialisti in analisi ambientali dello studio Drees & Sommer e il produttore Gotz.



## Programma



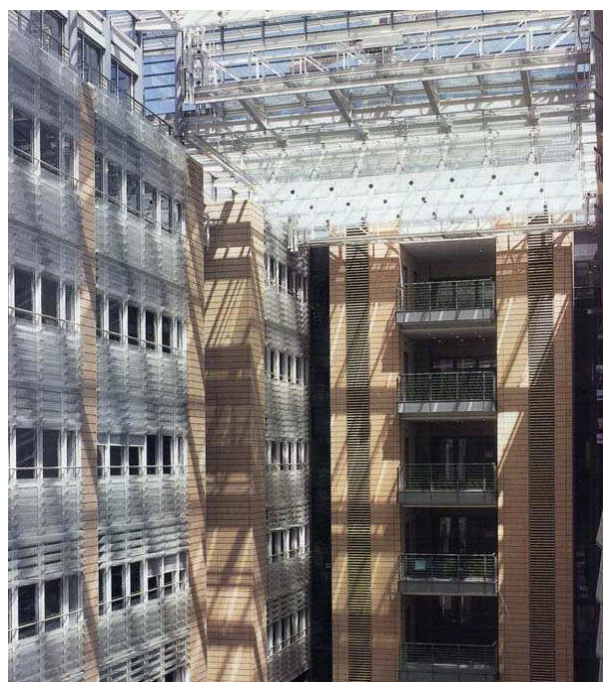
## Tecnologie e gestione del progetto



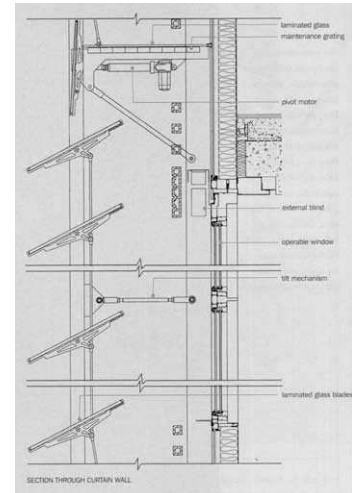
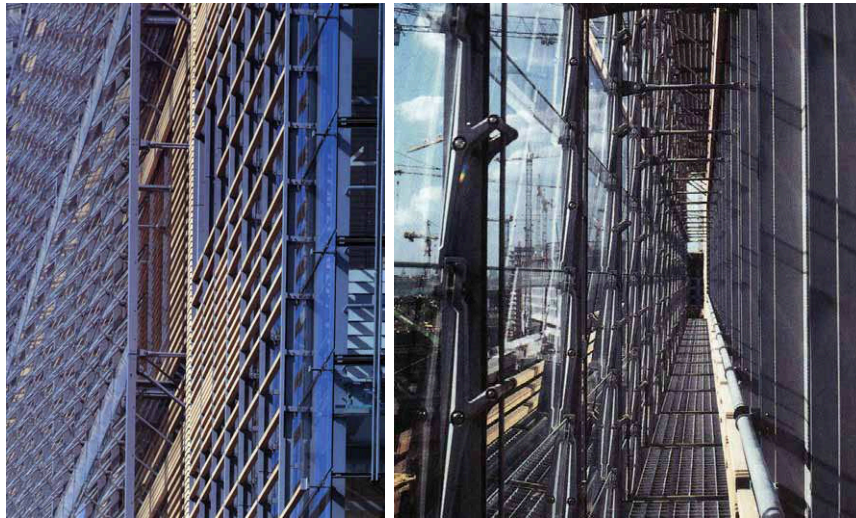
### Diffusione della luce naturale

La luce naturale filtra all'interno dell'atrio attraverso la copertura vetrata. Quest'ultima è caratterizzata da due involucri di cui quello più interno costituito da elementi discreti in vetro serigrafato, lavorazione che conferisce alle lastre una colorazione bianca opaca. Quest'ultimo trattamento è stato progettato per contrastare fenomeni di abbagliamento.

[Fonte delle immagini: RUSSELL, 1998]







### Strategie per il controllo del flusso termico

I fronti Est, Sud e Ovest caratterizzati dal maggiore guadagno termico sono stati realizzati sul modello dell'involucro *multylayer*. Le due parti più interna e più esterna di questo sistema distano circa 70 centimetri. La parte più interna è caratterizzata da un involucro in parte opaco e in parte vetrato, quest'ultimo composto di infissi apribili.

L'involucro più esterno invece interamente vetrato e composto di pannelli in vetro in grado di ruotare con un'apertura massima di 70° per consentire la ventilazione dell'intercapedine. L'apertura è controllata elettronicamente da sensori installati e prodotti dal medesimo produttore (Gotz) degli elementi in vetro che fungono anche da *brise soleil*.

### Strategie per il controllo del flusso luminoso

A questa strategia di controllo automatico del flusso termico in entrata e, contestualmente, per la valorizzazione della luce e della ventilazione naturali corrisponde un sistema manuale interno per il controllo di fenomeni di disturbo visivo quali l'abbagliamento.

### Fonti

#### Testi

RUSSELL, James S., "A striking presence on the Berlin Skyline, the Debris tower, by Renzo Piano building workshop, revives the skyscraper", in AA.VV., *Renzo Piano makes high-rise magic*, Architectural Record, n° 10, 1998, pp. 124-134.

AA.VV. "Performance Evaluation of Daylighting Systems", Subgroup A1, "Survey of Systems" of the IEA, *International Energy Agency*, SHC Task 21 and the ECBCS Program Annex 29 "Daylight in Buildings", 2005.

## The Nelson-Atkins Museum, Kansas City, Missouri, USA, 1999-2007

<b>Committente</b>	The Nelson-Atkins Museum
<b>Progettisti /team di progetto</b>	Steven Holl Architects
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Local architect:</b> BNIM Architects. <b>Ingegneria strutturale:</b> Guy Nordenson & Associates. associate structural engineer: Structural Engineering Associates. mechanical engineer: Ove Arup & Partners; W.L. Cassell & Associates. <b>lighting consultant:</b> Renfro Design Group. <b>landscape architect:</b> Gould Evans Goodman Associates. Artist: Walter De Maria.
<b>Produttori</b>	<b>Curtain wall :</b> R. A. Heintges & Associates; Carter Glass Company & Bendheim Wall Systems
<b>General contractor e project manager</b>	J.E. Dunn Construction Company
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Ampliamento del <i>The Nelson-Atkins Museum of Art</i>
<b>Dimensioni</b>	16 000 m <sup>2</sup>
<b>Zona climatica</b>	Clima boreale con estate molto calda ( <i>classificazione di Koppen</i> )





La nuova addizione si estende a est del più antico corpo di fabbrica che ospita il *Nelson-Atkins Museum of art*. l'intervento è riconoscibile grazie ai cinque volumi in vetro che costituiscono gli spazi espositivi principali. Questi appaiono come volumi isolati all'interno del parco. Tuttavia il parco stesso è frutto della costruzione di dune inerbite artificiali, al di sotto delle quali si snoda il sistema di percorsi che collega l'intero sistema museale, nelle sue parti originarie rinnovate e negli ampliamenti.

Il progetto vincitore prevedeva sin dalle fasi iniziali uno schema a più volumi come idea che si contrappone a un singolo, massiccio e più comune ampliamento. Attraverso l'area di parco che circonda la sede storica del Museo la posizione dei nuovi corpi è stata studiata in relazione ai più interessanti angoli visuali emersi in fase di studio. Allo stesso modo la distribuzione all'interno dei volumi è stata concepita per mantenere costante il rapporto tra l'interno e l'esterno, grazie alla presenza della luce diffusa proveniente dall'involucro traslucido, integrato in punti specifici dalla presenza di ampie finestrate trasparenti.

Dall'esterno i cinque volumi di cui si compone il progetto appaiono come elementi isolati nel verde delle colline, che costituiscono l'area di pertinenza del *Nelson Atkins Museum*. Tuttavia la coerenza del trattamento dei volumi e dell'uso dei materiali evidenziano, in particolare grazie all'impiego del vetro, l'unitarietà dell'intervento.

Il progetto si è fondato su alcuni concetti di progettazione sostenibile.

I tetti giardino contribuiscono al controllo termico degli ambienti e costituiscono allo stesso superfici drenanti per il controllo dell'acqua piovana.

Le facciate sono realizzate con elementi esterni tralucidi profilati in vetro, ai quali corrispondono all'interno lastre singole di vetro della medesima composizione. Entrambi i *layer* di facciata sono infatti realizzati con vetro con un basso contenuto di ferro, tale da ridurre la tipica colorazione azzurra e rimandare all'effetto di un vetro bianco; quest'ultimo diffonde sia la luce diurna naturale sia quella notturna artificiale restituendo l'effetto della luce bianca.

## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto

Fonte delle immagini: [WELLER,  
2009]



### La tecnologia U-glass

Il doppio involucro esterno vetrato in vetro profilato – U-glass– con basso contenuto di ferro, tale da aumentarne la trasparenza.

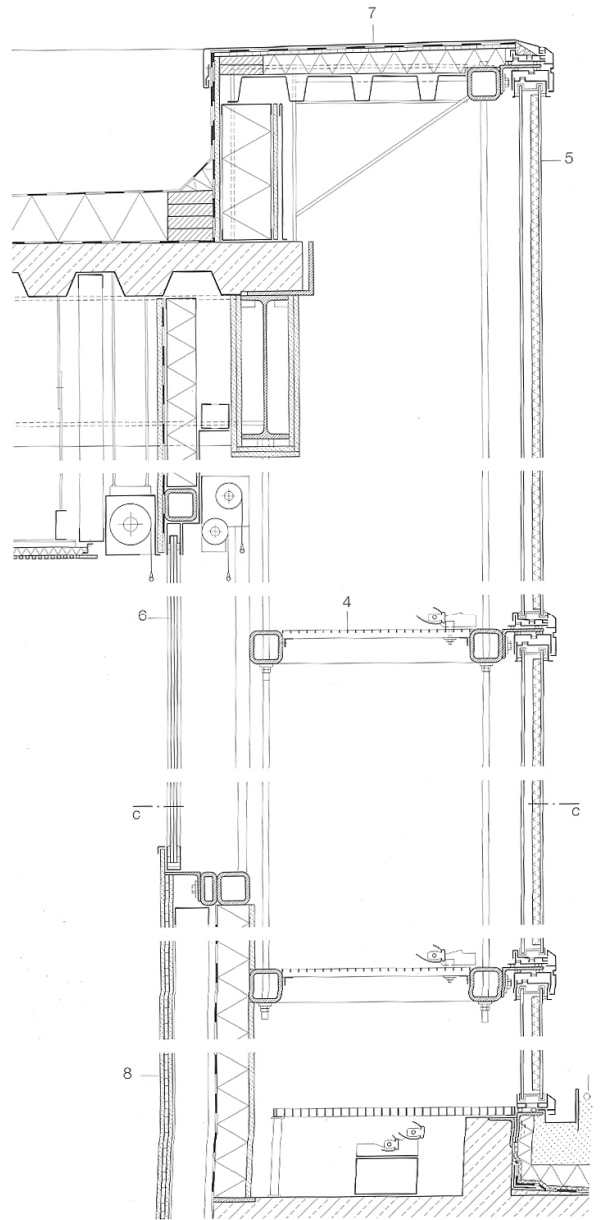
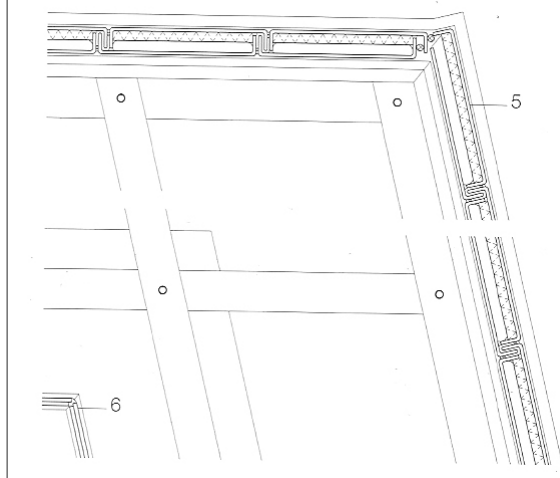
La posa dei profili ha previsto l'interposizione di 24 mm di PMMA (poli-metil metacrilato) isolante traslucido e un'intercapedine aerea di 27 mm.

Nella parte interna sono invece alloggiati due lastre di vetro laminato di sicurezza di 9,5 mm ciascuna.

L'involucro così realizzato è dunque del tipo "sigillato", tuttavia tale sistema di chiusura esterna contribuisce alla circolazione della ventilazione naturale in estate e al mantenimento del comfort termico in inverno, poiché si costituisce, in quest'ultimo caso, come cavità che trattiene l'aria calda riscaldata per irraggiamento solare.

I livelli ottimali di illuminazione sono tuttavia raggiunti per mezzo di un sistema integrato: luce naturale e artificiale, gestito complessivamente da sistemi digitali.

[fonte delle immagini: WELLER, 2009]



### Fonti

#### Immagini

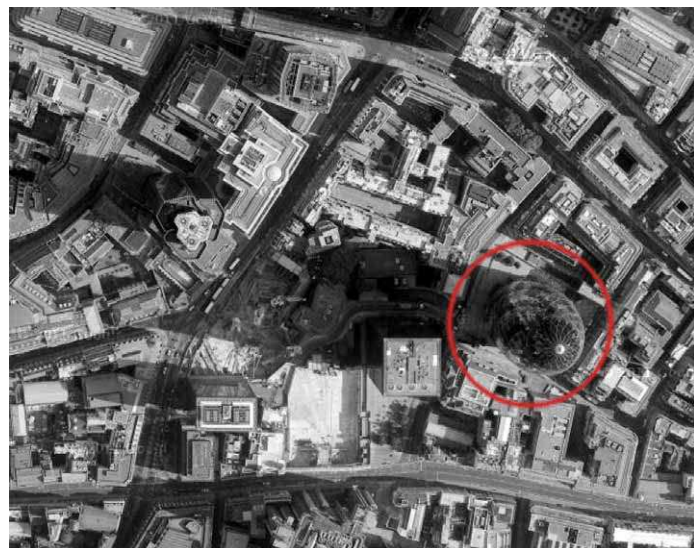
WELLER, Bernhard e HARTH, Kristina e TASCHE, Silke e UNNWEHR, Stefan, "Museum in Kansas City", in *Glass in buildings. Principles, applications, examples*, Basel, Boston, Berlin, Detail, 2009, pp. 84,85

Steven Holl Architects, [www.stevenholl.com](http://www.stevenholl.com)

AA.VV., "Ampliacion del Museo de Arte Neslon Atkins." in *El Croquis*, n° 141, *Steven Holl Architects 2004-2008*, Madrid, Elcroquis Editorial, pp. 36-73

### 30 St. Mary Axe, Londra, Gran Bretagna, 2000-2004

<b>Committente</b>	Swiss Re
<b>Progettisti</b>	Foster & Partners
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Strutture:</b> Ove Arup. <b>Impianti:</b> Arup Fire; Arup Transportation; Hilson Moran Partnership. <b>Ingegneria ambientale:</b> BDSP.
<b>Produttore (vetro)</b>	Saint Gobain Glass
<b>Curtain wall</b>	Schmidlin; Waagner Biro
<b>General contractor</b>	Skanska Construction UK
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Direzionale
<b>Dimensioni</b>	Superficie utile 2500 mq; altezza 180 m.
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima temperato oceanico (classificazione di Koppen)



L'edificio di 40 piani viene commissionato allo studio *Foster & Partners* dalla società *Swiss Re* nel 1997. Sorge nella zona della City di Londra di cui in breve tempo diviene il simbolo più noto e l'oggetto d'interesse sia di studiosi sia di cittadini e visitatori.

Il profilo caratteristico e la pianta circolare sono la risposta dei progettisti –e di sofisticate simulazioni tridimensionali assistite– alle locali condizioni ambientali di ventilazione. La sezione va rastremando sia in sommità sia nell'attacco a terra in modo da lasciar percepire un volume più ridotto del reale.

Di fatto l'edificio appare più imponente all'interno dello skyline che ad uno sguardo ravvicinato.

La struttura portante tipo "diagrid" enfatizza le geometrie generatrici consentendo allo stesso tempo un rinnovato impiego della facciata a doppia pelle, la quale risulta funzionale alla realizzazione dei camini areati che percorrono l'intero volume esterno dell'edificio, seguendo il disegno della struttura portante. La geometria "a diamante", come definita, del rivestimento vetrato è realizzata con lastre esterne e interne di sezione triangolare. La diversa colorazione dei vetri sottolinea la presenza dei camini. In sommità la colorazione è mantenuta più scura, dopo il termine della struttura *diagrid* al 38° piano, su entrambi i layer di facciata, per contrastare il fenomeno dell'abbagliamento.

## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto

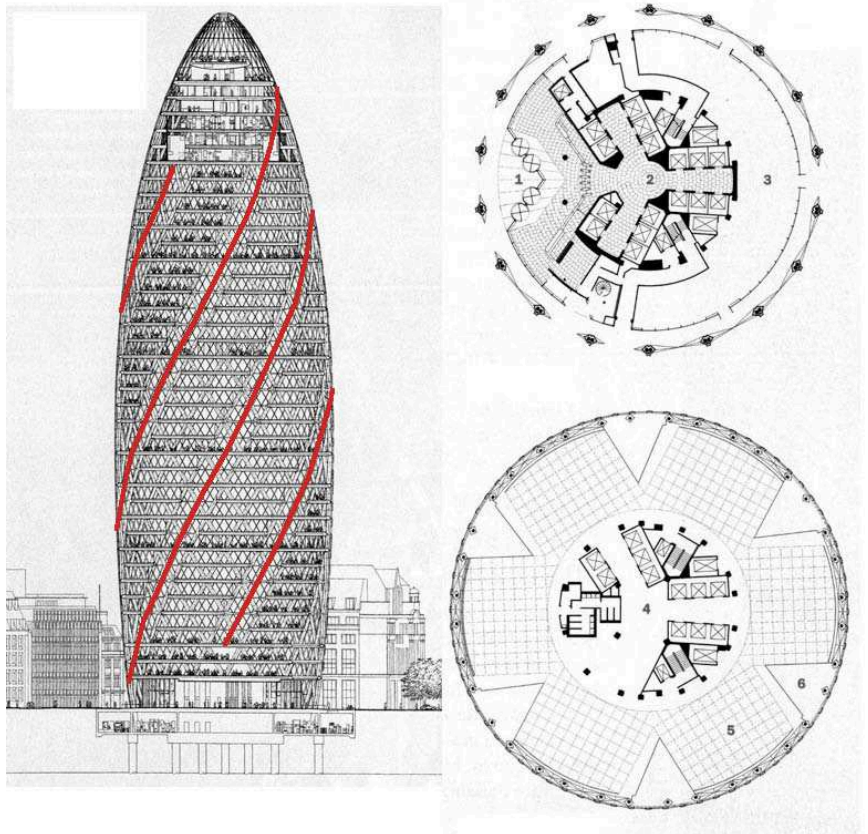


Vista dell'edificio dal prospiciente *Lloyd's building* progettato dallo studio Richard Rogers and Partners, [foto dell'autore].



La forma e il volume dell'edificio sono il risultato di sofisticate simulazioni energetiche che tengono conto della direzione e dell'intensità dei venti prevalenti. L'involucro esterno è stato per questo concepito come un "doppio" involucro, all'interno del quali camini che si elevano a spirale sono responsabili della ventilazione naturale all'interno dell'edificio.

A lato: sezione, pianta dell'attacco a terra e del piano tipo, [Architectural record, n°6, 2004]

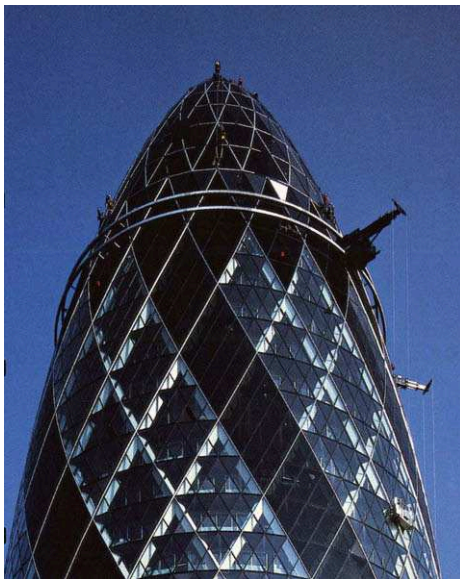




### Il ruolo della struttura portante nella morfologia dell'involucro

*In alto a sinistra:* l'ingresso principale all'edificio, [Architectural record, n°6, 2004]. *A destra:* il coronamento e i sistemi per la manutenzione ordinaria delle facciate, [Architectural record, n°6, 2004].

*A lato:* vista dell'interno. La struttura portante che ha per modulo il triangolo è resistente per forma. Questo consente di avere lo spazio interno libero da pilastri. Il rivestimento in lastre di vetro camera contenenti Argon è presente in due diverse colorazioni. [Architectural record, n°6, 2004].



### Fonti

#### Testi

MEGURO, Wendy, *Beyond Blue and Red Arrows: Optimizing Natural Ventilation in Large Buildings*, Boston, MIT, 2005, pp.140

IUSSEL, James S. "In a city averse to towers, 30 St. Mary Axe, the "towering innuendo" by Foster and Partners, is a big ecofriendly hit" *Architectural record*, vol. 192, no.6, 2004

Saint-Gobain Glass, [www.saintgobain.com](http://www.saintgobain.com)

Foster & Partner, [www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

## Thyssenkrupp Headquarters, Essen, Germania, 200(?) - 2011

<b>Committente</b>	Thyssenkrupp Ag
<b>Progettisti / team di progetto</b>	Jswd Architekten – Chaix & Morel et Associés
<b>Consulenti al progetto</b>	<p><b>Landscape Architect</b> KLA Kiparlandschaftsarchitekten, Andreas Kipar, Duisburg and Mailand</p> <p><b>Lighting Designer</b> LichtKunstLicht AG, Bonn and Berlin</p> <p><b>Specialist Consultant Panoramic Window Q1</b> Werner Sobek, Stuttgart</p> <p><b>Sunshade/Solar Protection Consultant</b> Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg</p> <p><b>Façade Area Consultant</b> Priedemann Fassadenberatung, Berlin (L.PH. 24 Planning); AMP Beratende Ingenieure, Neuss (L.PH. 5–8 implementation planning)</p> <p><b>WindConsultant</b> Ingenieurgesellschaft Niemann &amp; Partner, Kassel</p>
<b>Produttore</b>	<p><b>Glass</b> Innoverre innoverre.de; Hefi Glaskonstruktiv hefi-glaskonstruktiv.de</p> <p><b>Exterior Wall Systems (Façade)</b> Schüco International</p>
<b>General contractor</b>	Ece Projektmanagement GmbH & Co. KG, Amburgo. Oltre 300 le aziende coinvolte nella realizzazione del complesso.
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Nuova sede della compagnia Thyssenkrupp Ag
<b>Dimensioni</b>	Estensione dell'area 17 ettari; 50.000 mq
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima temperato oceanico (classificazione di Koppen)



La nuova sede della Thyssenkrupp di Essen nasce con l'intento di unificare le attività prima dislocate su più sedi. La realizzazione è frutto di una competizione internazionale per un totale di 105 proposte valutate.

La sistemazione dell'area ha previsto la realizzazione di diversi edifici inseriti in un'ampia area verde e dislocati lungo un asse centrale dove trova posto uno specchio d'acqua artificiale.

Uno dei principali obiettivi dichiarati dai progettisti era di rendere gli ambienti interni il più possibile illuminati naturalmente e l'involucro esterno estremamente trasparente. L'atrio centrale è per tale motivo l'elemento di connessione tra diversi volumi e illumina, estendendosi per dieci livelli, gli ambienti che vi si affacciano. I fronti esterni con esposizione nord e sud sono stati dotati di ampie superfici vetrate che si estendono per 28 metri in altezza e oltre 25 in lunghezza.

Per ottenere spessori minimi delle strutture a sostegno della vetrata, montanti e serramenti in genere, sono stati impiegati cavi pretesi lungo i due assi ortogonali alle lastre, fatto che ha semplificato anche i dettagli di raccordo delle facciate.

Le lastre seguono un modulo di 3,60 \* 2,15 m e hanno lo spessore minimo per ridurre i giunti di silicone tra un pannello e l'altro. Queste soluzioni tecnologiche hanno comunque permesso di ridurre dal 20% al 30% il fabbisogno energetico di edifici di analoga destinazione. Questo grazie alla presenza di un impianto geotermico utilizzato sia per il riscaldamento invernale sia per il raffrescamento estivo.

A sistemi automatizzati è demandato il compito di controllare e gestire l'illuminamento diurno interno. Tali sistemi rilevano l'affollamento interno degli edifici e lo raffrontano con le condizioni di illuminamento stabilite in fase di progetto così da minimizzare il fabbisogno di energia elettrica.

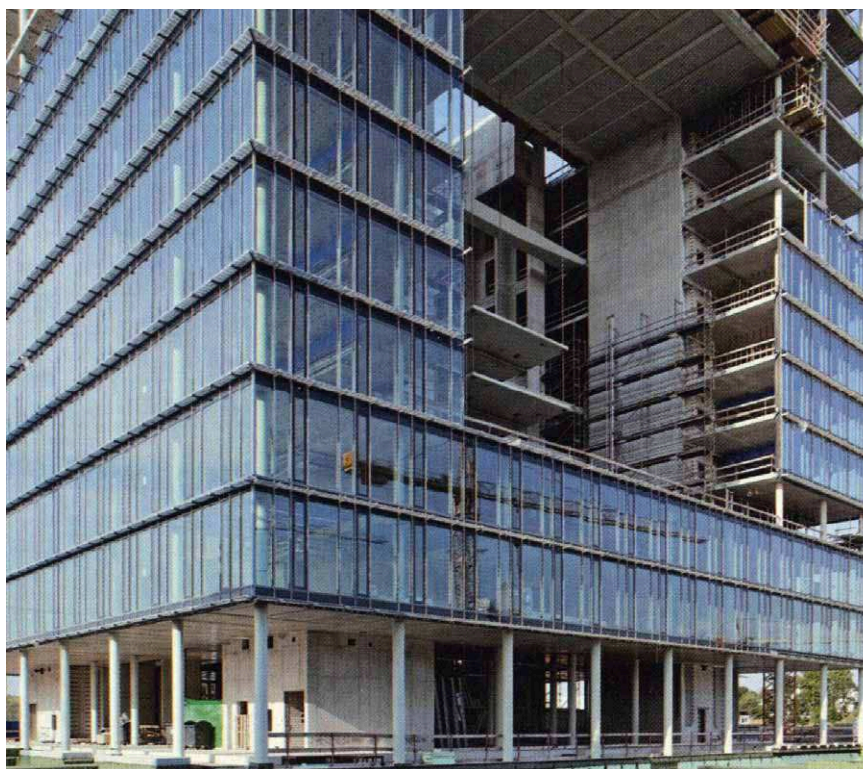
L'edificio ha già ottenuto una pre-certificazione in Classe Oro secondo il protocollo tedesco.

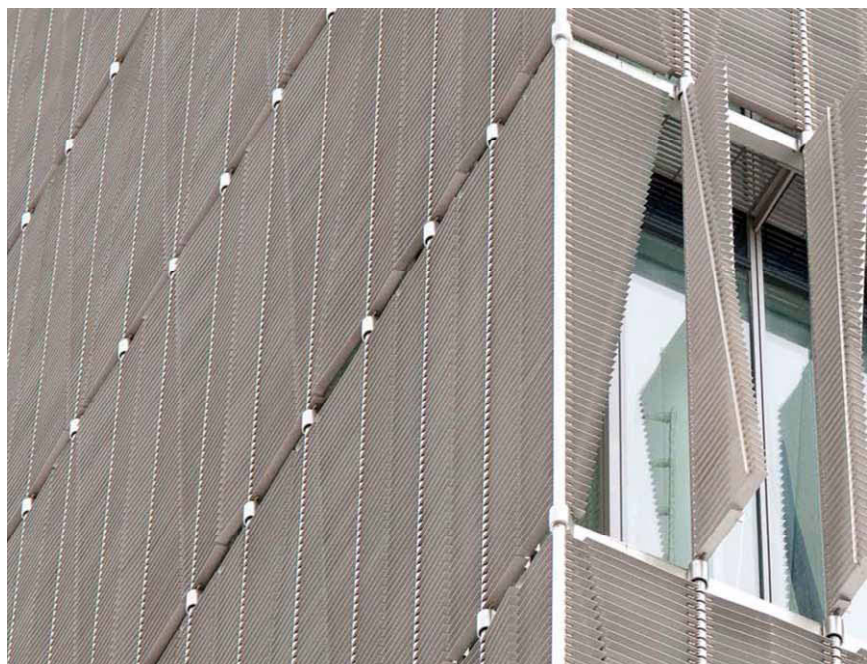
## Programma

## Tecnologie e gestione del progetto



Vista dell'area di cantiere e della costruzione del grande atrio nell'edificio centrale denominato Q1.  
[Fonte: FERRAIO, 2010]





## Schermatura solare

Il sistema di schermatura solare dell'edificio Q1 è formato da 400mila alette di acciaio inox che rivestono una superficie di quasi 8mila metriquadri. Il sistema, pensato per controllare elettronicamente l'ingresso della luce naturale negli ambienti interni è stato realizzato in collaborazione con la *ThyssenkruppSteel Europe*, che è giunta alla definitiva forma del sistema dopo 380 campioni.

Il sistema si adegua automaticamente alla posizione del sole grazie alla presenza di una stazione meteorologica presente in copertura all'edificio.

Nonostante il dispendioso sistema di involucro, in termini di percorso progettuale e di materiali impiegati, l'edificio nel suo complesso consuma, nominalmente, il 20% in meno di energia rispetto a edifici con destinazione medesima.

## Fonti

### Testi e immagini

FERRAIO, Matteo, "Solai con grandi luci e facciata con cavi pretesi", *Il Nuovo cantiere*, Milano, Tecniche nuove SpA, 2011, pp. 28-34.

Thyssenkrupp Ag, [www. Thyssenkrupp.com]



## Elbphilharmonie, Amburgo, Germania, 2003-2013 (previsto)

<b>Committente</b>	Municipalità di Amburgo
<b>Progettisti / team di progetto</b>	Herzog & De Meuron
<b>Consulenti al progetto</b>	Ascan Mergenthaler Associates ( <i>partner</i> di progetto): Stefan Goeddert e Ulrich Grenz (associati) dirigono il <i>team</i> di progetto della facciata; Kai Strehlke dirige il <i>team</i> che si occupa dello sviluppo digitale del progetto.
<b>Produttore</b>	<b>Ingegnerizzazione dell'involucro:</b> Joseph Gartner GmbH <b>Vetro:</b> Glas Industrie AG
<b>General contractor</b>	HOCHTIEF Solutions AG
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Nuova sede della filarmonica di Amburgo; recupero di un edificio adibito a terziario (Werner Kallmorgen, 1963-1966). Il complesso comprende anche porzioni adibite a hotel e uffici oltre a ristorazione di servizio.
<b>Dimensioni</b>	Dell'area: 58.000 mq. Dell'involucro vetrato: 21.500 mq
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima temperato oceanico (classificazione di Koppen)

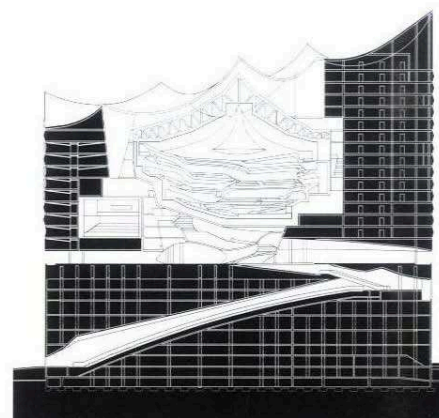


La nuova sede della filarmonica di Amburgo sorge su un'area, ancora in costruzione, un tempo adibita a deposito per i semi di cacao. L'edificio è stato concepito per divenire un punto di riferimento anche visivo nel profilo della città; così la forma regolare del precedente edificio è stata impiegata, nel progetto dello studio *Herzog & De Meuron* in collaborazione con lo studio *Ascan Mergenthaler*, come basamento sul quale poggerà il nuovo volume, dall'ormai riconoscibile involucro vetrato.

In virtù di tale scelta il progetto è stato caratterizzato dalla presenza di *team* dedicati unicamente allo studio delle facciate, al controllo digitale della loro forma e dei moduli di cui si compongono. A questo è corrisposto il parallelo studio per l'ingegnerizzazione della tecnologia, condotto dal noto studio *Joseph Gartner GmbH*, nonché il coinvolgimento del produttore *Glas Industrie AG* per la definizione del più idoneo sistema di produzione, lavorazione e test delle lastre di vetro laminato e formato a caldo.

Così si esprimono infatti i leader di progetto in merito al ruolo del *digital technology group*: *"The complexity and the amount of data in some projects is increasing exponentially, while the design cycles tend to become shorter and faster. To be able to manage unique and different conceptual design approaches we have created a digital technology group, which is integrated into the design teams [...] The group's aim is to deal with complex geometries in a very flexible and adaptive manner."* <sup>(1)</sup>

## Programma



## Tecnologie e gestione del progetto

Il progetto dell'involucro esterno è l'elemento più caratterizzante del progetto, nonché l'elemento di unificazione di funzioni diverse ospitate nell'edificio. L'approccio adottato nel progetto dei fronti ha portato alla definizione di due moduli, diversamente assemblati e adibiti ad ospitare aperture in relazione alle diverse esigenze degli spazi interni.

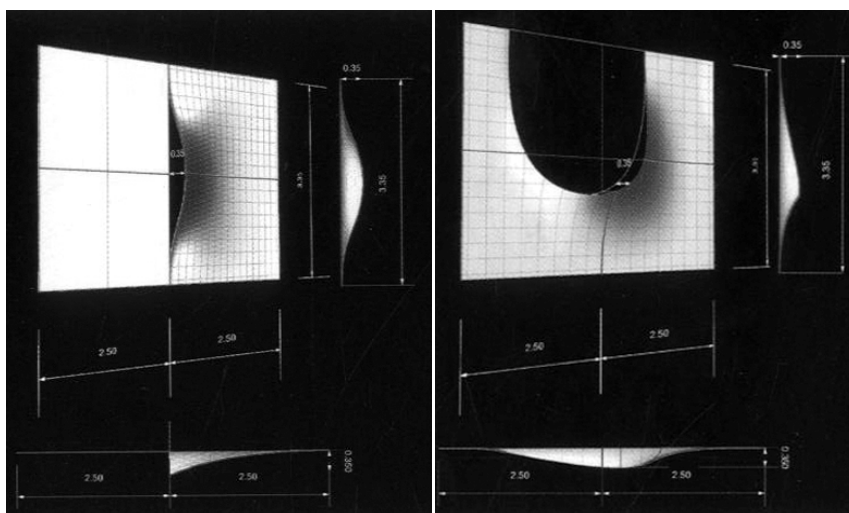
Modulo 1: consiste in un doppio vetro formato per alloggiare sul fianco, in corrispondenza della curvatura, un'apertura ovale per la ventilazione diretta dall'esterno. Questo tipo è stato impiegato in particolare nell'area dell'hotel.

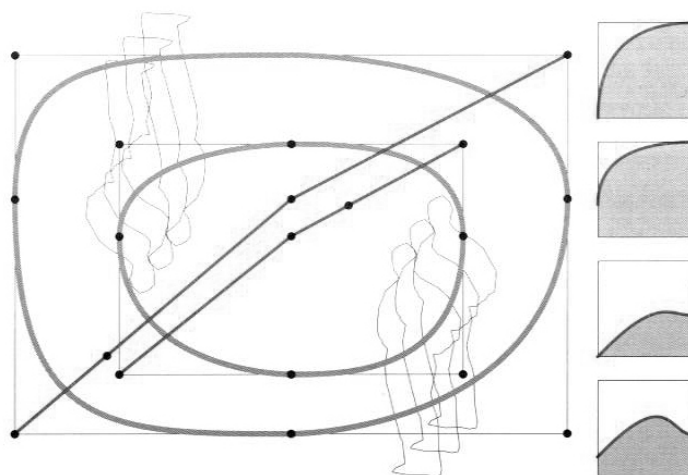
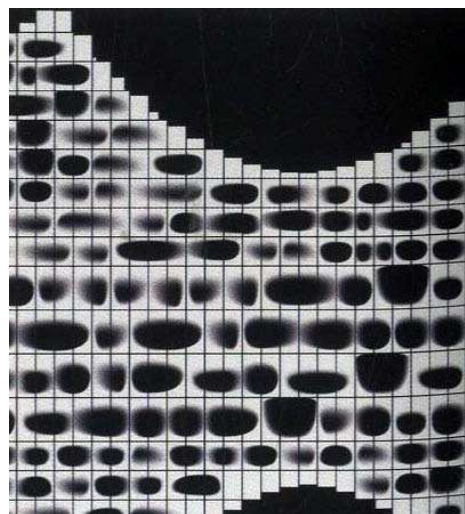
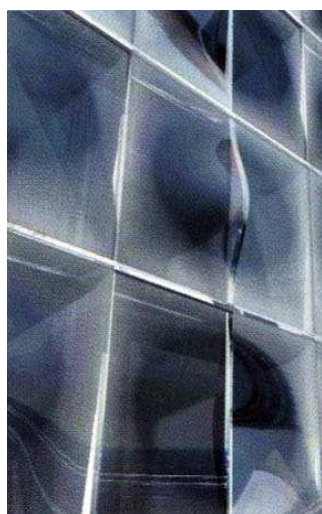
Modulo 2: consiste di due parti di cui una singola lastra di vetro di sicurezza formato a caldo e una seconda singola lastra, alloggiata per mezzo di uno speciale profilo in plastica rinforzata con fibre di vetro, che complessivamente lavorano come protezione al vento.

*(in questa pagina, rispettivamente: a sinistra modello parametrico del modulo 1 e, a destra, modello parametrico del modulo 2)*

In entrambi i casi le lastre presentano un *coating* metallico per il controllo solare. A questo si aggiunge una *texture* esterna realizzata mediante stampa con specifica funzione di controllo dei raggi solari aventi angolo d'incidenza minore (da est e da ovest), al fine di non rendere necessario un sistema di oscuramento interno. *(Pagina a fianco: modelli parametrici per lo studio delle aree da trattare mediante stampa digitale).*

Per determinare il gradiente di trasparenza funzionale allo scopo e verificare la dimensione dell'area trasparente che consente la visione verso l'esterno è stato impiegato un modello parametrico di studio del modulo e dei diversi fronti nel loro complesso.





## Fonti

### Testi

AA.VV., "A Crystal in the Harbour – The glass facade of the Elbphilharmonie", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 498-508

HOCHTIEF Solutions AG, [www.hochtief-construction.de](http://www.hochtief-construction.de)

Herzog & De Meuron, [www.herzogdemeuron.com](http://www.herzogdemeuron.com)

LOTHER, Klaus, *Glass facade of Elbphilharmonie, Hamburg*, Josef Gartner GmbH, [www.josef-gartner.de](http://www.josef-gartner.de)

### Immagini

AA.VV., "A Crystal in the Harbour – The glass facade of the Elbphilharmonie", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 498-508

### Note

(1) AA.VV., "A Crystal in the Harbour – The glass facade of the Elbphilharmonie", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, p. 499.



## Rolex Learning Center, Losanna, Svizzera, 2004-2010

<b>Committente</b>	<i>École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL</i>
<b>Progettisti / team di progetto</b>	SANAA, Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa
<b>Consulenti al progetto</b>	<b>Struttura:</b> SAPS / sasaki and partners Tokyo, nella fase iniziale; Bollinger + Grohmann and Walther Mory Maier per lo sviluppo del progetto. <b>Façade Consultant:</b> Emmer Pfenninger Partner AG <b>Energy Concept:</b> Sorane SA <b>Acoustic Consultant:</b> EcoAcoustique SA <b>Measurement, Control:</b> Consulting Energy Control SA
<b>Produttore</b>	----
<b>General contractor</b>	Losinger Construction SA <b>Project manager:</b> Botta Management Group AG, Baar, Switzerland
<b>Funzioni dell'edificio</b>	Centro di ricerca, servizi e sede della biblioteca de <i>École Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL</i>
<b>Dimensioni</b>	----
<b>Zona climatica / esposizione</b>	Clima boreale ( <i>classificazione di Koppen</i> )



## Programma

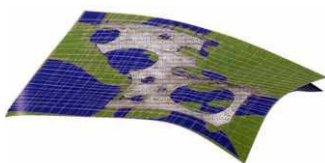
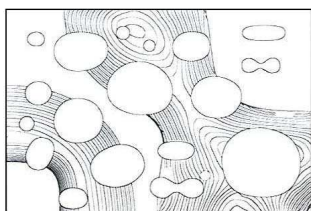
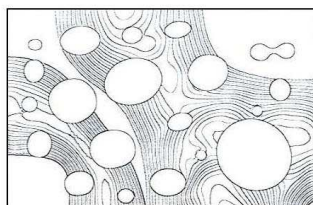
All'interno del campus universitario di Losanna, a nord del lago di Ginevra, l'edificio costituisce un nucleo pensato come autonomo e ospitante servizi di ristorazione, una libreria, spazi comuni e zone studio, nonché uffici.

Lo spazio è concepito in modo non convenzionale rispetto a questo tipo di programma funzionale poiché la permeabilità visiva è garantita in tutte le direzioni parallelamente alla necessaria *privacy* che ciascuna attività richiede.

Questo obiettivo è raggiunto grazie all'impiego di materiali dalla caratteristica trasparenza, come il vetro, e grazie alla morfologia dell'edificio, in pianta e in sezione. L'accesso principale dall'ingresso carrabile all'area avviene dal livello al di sotto del piano di campagna, dove si trovano le aree di sosta. Attraverso un piano inclinato, anch'esso vetrato, si raggiunge lo spazio della hall, da cui si sviluppano tre principali piani dell'edificio, raccordati da inclinazioni diversi del medesimo piano di calpestio.



## Tecnologie e gestione del progetto



L'ingresso della luce naturale e la vista del paesaggio esterno, in particolare nelle zone di sosta e ristoro, sono stati obiettivi primari del progetto. Per enfatizzare un effetto di continuità delle superfici interne e massimizzare la diffusione della luce diurna alle superfici vetrate corrisponde un trattamento senza soluzione di continuità del soffitto tinteggiato di bianco.

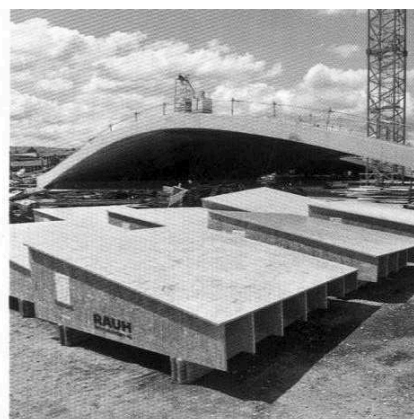
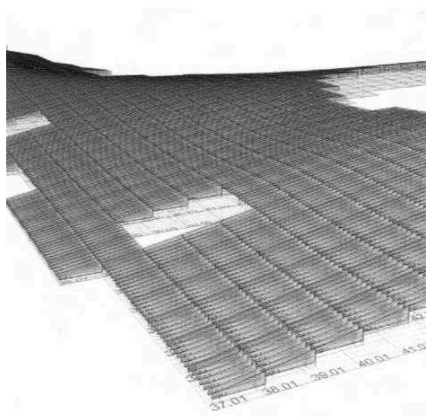
I livelli ricercati di isolamento acustico sono stati ottenuti attraverso un controsoffitto fonoassorbente e l'impiego di vetri dalle specifiche caratteristiche di isolamento dal rumore.

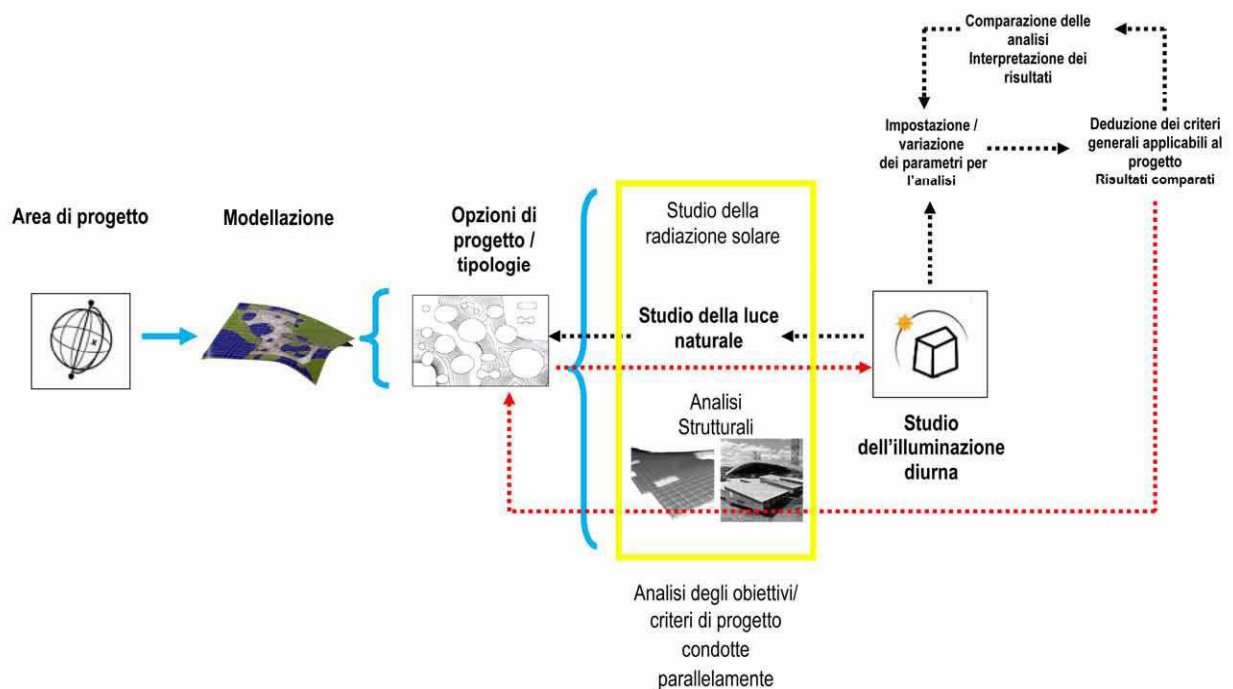
Come nel caso del progetto della *Elbphilharmonie* la geometria del *Learning Center* è stata progettata per mezzo di modelli di controllo digitale. Il *concept* degli architetti successivo alla fase di concorso è stato tradotto in un modello digitale, trasformato in una *mesh* e indagato innanzitutto attraverso il modello topografico dell'area. Le diverse zone di patio sono state determinate inserendo contestualmente i parametri relativi all'uso, all'orientamento e all'irraggiamento solare e ricavate così per sottrazione dal modello complessivo.

Il modello è stato poi ottimizzato in relazione allo studio della maglia strutturale attraverso una modellazione a elementi finiti.

Nella fase finale due sono state le opzioni progettuali parallelamente indagate e la scelta è stata determinata dal rapporto tra le geometrie ricercate dagli architetti e una curvatura della struttura primaria che potesse garantire la minor deformabilità nel tempo.

Il modello digitale ha permesso inoltre di definire la geometria e l'inclinazione di ciascun modulo che ha costituito i piani inclinati (centine: immagini in basso) per la posa dell'orditura primaria (in legno lamellare e acciaio) e secondari (in legno lamellare), nonché per il piano di posa senza soluzione di continuità dei solai a terra e di copertura.





L'immagine mostra il processo di gestione del progetto in relazione agli specifici obiettivi posti dai progettisti e ai vincoli imposti dal sito. Il ricorso alla modellazione tridimensionale in ambiente parametrico ha permesso, fin dalle primissime fasi di sviluppo progettuale, la verifica contestuale delle soluzioni strutturali e dello studio della luce naturale, unitamente ai parametri d'uso imposti dal programma funzionale.

Da questo modello sono stati poi estratte, sotto forma di tabelle Excel, documenti di testo e disegni, tutte le informazioni necessarie alla realizzazione dell'opera.

[Fonte: rielaborazione dell'autore da *Autodesk BIM Education* e *CASE*, Building Information Modeling (BIM) Consultancy based in New York City].

## Fonti

### Testi

AA.VV., "Rolex Learning Center, Lausanne", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 470-478

Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa, SANAA, [www.sanaa.co.jp](http://www.sanaa.co.jp)

Database di ricerca sull'architettura contemporanea dell'Università di *Urban Design* di Aalborg, Danimarca., [www.e-architect.co.uk](http://www.e-architect.co.uk)

*Rolex Learning Center*, [www.rolexlearningcenter.ch](http://www.rolexlearningcenter.ch)

### Immagini

AA.VV., "Rolex Learning Center, Lausanne", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 470-478



# Le alternative al vetro 4



**Fig. 4.1**

fasi di lavorazione di prodotti in vetro, dall'alto: produzione di lastre tipo *float*; preparazione dello stampo ceramico per la formatura delle lastre; formatura a caldo; posa in opera di mattoni in vetro-cemento; traslucenza di una parete in vetro cemento.

#### 4.1 Le alternative al vetro: materiali compositi in tessuto o in lastre

Oggi esistono sul mercato diverse gamme di prodotto paragonabili al vetro sia in termini di prestazioni garantite sia di complessità progettuale che caratterizza questi materiali all'interno del processo edilizio.

Sono tali i materiali compositi a base polimerica che si sono affermati, da pochi decenni, come soluzioni tecnologiche alternative alle tradizionali tecnologie costruttive, innanzitutto in ragione delle considerazioni che è possibile fare in fase di progetto sul ciclo di vita del manufatto, al di là dell'elevato prezzo di acquisto. I compositi sono un'interessante alternativa perché allungano il tempo di vita dei manufatti e riducono i costi per il mantenimento delle prestazioni nel tempo, in virtù della caratteristica resistenza agli agenti chimici aggressivi e atmosferici, della non conducibilità termica (una prima evidenza di questa caratteristica sta nell'ampia diffusione di questi materiali nei sistemi di infisso) e della possibilità di essere colorati in pasta, fattore che garantisce una maggiore durabilità rispetto ad altri sistemi, come l'applicazione di pellicole o film<sup>(1)</sup>.

Tali fattori hanno determinato un allargamento del campo di applicazione di questi materiali in particolare in "relazione alla presenza di uffici acquisti preparati ad acquistare non solo in funzione del costo, ma in base alle esigenze preminenti di ciascun intervento [...]"<sup>(2)</sup>.

Confrontati nello specifico con la tecnologia del vetro alcuni materiali compositi sono inoltre competitivi in rapporto al requisito del "controllo del flusso luminoso"<sup>(3)</sup> e, in generale, rispetto alla sperimentazione che il progetto può attuare in relazione ai fattori descrittivi della luce naturale e artificiale.

Uno dei principali campi d'interesse nell'applicazione dei compositi è infatti legato al tema della *trasparenza*, così come concerne per la tecnologia del vetro. Si è già accennato, nel capitolo tre, a come la *trasparenza* sia un fenomeno descrivibile tanto come *evento fisico* quanto in termini di *percezione visiva*.

Nel progetto di architettura entrambi questi aspetti risultano di fondamentale importanza. In particolare per quanto concerne il fenomeno percettivo, pur non essendo oggetto specifico di questa indagine, è importante sottolineare come anche esso concorra alla formulazione di scelte progettuali, le quali dovranno sempre essere valutate, nel caso dell'impiego della tecnologia del vetro o di tecnologie simili, compatibilmente all'insieme degli aspetti



morfologici e materici che caratterizzano l'intero progetto, nonché alle caratteristiche fisico-tecniche dei materiali impiegati.

#### 4.1.1 Percorsi progettuali a confronto: il ruolo dei produttori

Il percorso ideativo e costruttivo di un'architettura "di vetro" o caratterizzata dalla presenza del materiale vetro in molti dei suoi elementi costruttivi presenta caratteristiche peculiari, non riscontrabili in progetti che impiegano tecnologie più tradizionali.

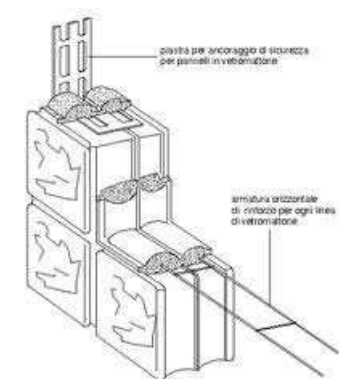
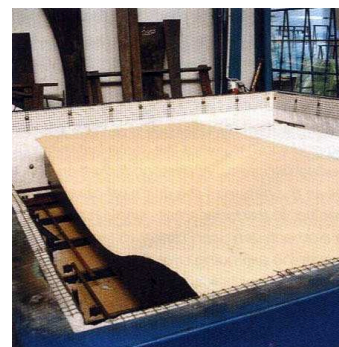
Questo fatto è innanzitutto riconducibile al numero elevato di operatori che concorrono, in particolare, alla produzione del *materiale di base* (formato o in lastre), del *materiale migliorato* e del *materiale trasformato*. A ciascuna di tali categorie di produttori e specialisti corrispondono fasi di lavorazione fondamentali per la definizione delle qualità del materiale finito, prima che esso entri nel successivo processo di *produzione*, quello propriamente dei componenti e dei sistemi edilizi.

Al *primo livello* di produzione corrisponde il processo di fusione e, precedentemente, la definizione delle caratteristiche chimiche della miscela in quanto a rapporto tra gli ossidi principali che costituiranno il solido amorfo (tra cui il principale è l'ossido di silicio) e altri ossidi a cui sono affidate funzioni specifiche quali, ad esempio: di abbassare della temperatura di fusione e migliorare la fluidità durante la fusione (fondenti); di modificare l'aspetto cromatico del vetro (coloranti); di neutralizzare il colore indotto dalla presenza di altre sostanze (decoloranti), ecc. Dalla fusione si ottiene, mediante processi diversi, il materiale di base in lastre (colate o float), in profili (U-Glass) o il vetro stampato (vetromattone cavo).

Ad un *secondo e a un terzo livello* di produzione corrispondono invece processi quali, rispettivamente, la tempra e la laminazione che hanno lo scopo di migliorare le caratteristiche del materiale di base, conferendo, ad esempio, una maggiore resistenza meccanica alla singola lastra o a più lastre incollate da film PVB, che danno luogo a vetri stratificati.

A un *quarto e ultimo livello* di lavorazione del materiale di base corrispondono poi le trasformazioni successive alla produzione delle lastre quali i processi di taglio, molatura e foratura.

L'insieme di queste operazioni è affidato sia ai produttori del materiale di base i quali controllano, attraverso diverse e specifiche filiere produttive, la produzione, la qualità e la trasformazione del materiale di base anche all'interno del processo edilizio fino alla realizzazione dell'opera costruita, sia ad altri produttori che si occupano solo, nello specifico, delle fasi di produzione di

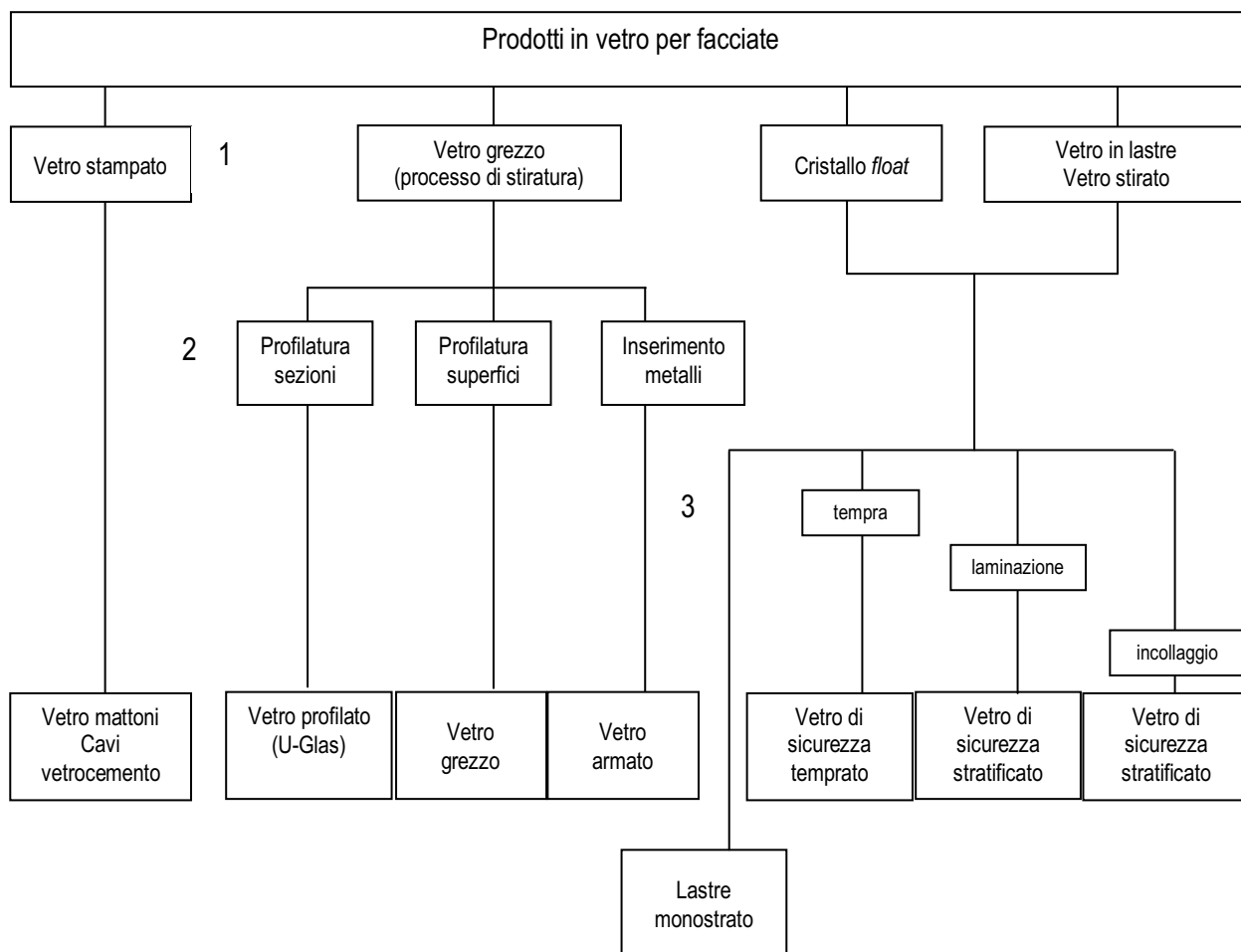


**Figura 4.2**

Fasi di lavorazione di prodotti in vetro per facciate: 1. fusione; 2. formatura durante la produzione; 3. lavorazione miglioramento.

L'insieme delle lavorazioni a cui il vetro è sottoposto determina il numero di interlocutori con i quali il progettista dovrà relazionarsi in particolare nel caso di progettazioni specifiche.

[HERZOG, KRIPPNER, 2002].





secondo, terzo e quarto livello.

Ciascuno di questi operatori riveste un ruolo strategico all'interno del progetto poiché essi solamente posseggono le conoscenze necessarie a verificare la compatibilità tra il materiale e le scelte progettuali, in termini di adattabilità dei sistemi, condizioni d'uso e operazioni di manutenzione ai fini della durabilità.

Medesime considerazioni possono essere fatte nelle filiere di *competitor* della tecnologia del vetro prese in esame in questo capitolo. Nella fase di progetto svolgono infatti un ruolo determinante le informazioni che i produttori sono in grado di fornire circa i costi legati alla sicurezza, alla manutenzione e all'igiene ambientale<sup>(4)</sup>.

Esistono tuttavia alcune differenze relative, in particolare, alla dimensione della filiera e legate a tipologie specifiche di prodotti compositi quali:

- i tessili polimerici con presenza o meno di fibra di vetro;
- i materiali polimerici in lastre.

La dimensione della filiera produttiva a monte del progetto di architettura definisce infatti, in contesti altamente specializzati come quelli messi a confronto, il numero degli operatori con i quali il progettista deve relazionarsi per stabilire i modi e i tempi della progettazione.

## 4.2 Tessili polimerici e in fibra di vetro

### Proprietà ottiche

Una specifica categoria di polimeri<sup>(5)</sup> che trova impiego in architettura è quella dei cosiddetti "tessili tecnici" definiti come "materiali che rispondono ad alte esigenze tecnico-qualitative che conferiscono loro l'attitudine ad adattarsi a una funzione tecnica"<sup>(6)</sup>.

Nell'ultimo decennio questi materiali hanno trovato un ricco campo d'impiego negli edifici, tanto nei rivestimenti esterni di facciata e copertura quanto in quelli interni, divenendo per alcuni aspetti valide alternative al vetro nella ricerca della trasparenza all'interno del progetto di architettura.

Da questo punto di vista sono innanzitutto le *proprietà ottiche* ad interessare i progettisti e, conseguentemente, i produttori nello sviluppo dell'innovazione.

Dal punto di vista delle proprietà fisiche infatti vengono impiegati nel costruito molti materiali che hanno la proprietà di permettere alla luce di attraversarli; il modo in cui la luce li attraversa, tuttavia, determina non solo una

diversa classificazione di tali materiali in base alle specifiche caratteristiche di interazione con la luce, ma anche un controllo diverso che è possibile attuare su di essi in fase di progetto.

Si definiscono così, dal punto di vista dell'ottica, materiali *trasparenti* quei materiali che permettono una trasmissione della luce caratterizzata da fenomeni di trasmissione, riflessione e assorbimento; viceversa si definiscono materiali *traslucidi* quei materiali che determinano anche fenomeni di diffusione della luce.

Dal punto di vista della percezione visiva ai primi corrisponde una visione nitida attraverso di essi, mentre ai secondi una visione torbida<sup>(7)</sup>, cioè non ben definita nei contorni, nelle forme, nei colori ecc., in relazione alle caratteristiche microscopiche e macroscopiche dei materiali traslucidi.

I tessuti tecnici sono, indipendentemente dai materiali naturali o di sintesi chimica che li compongono, materiali traslucidi, che danno dunque luogo a fenomeni di diffusione della luce.

La diffusione della luce attraverso un materiale è un fenomeno riconducibile innanzitutto alle proprietà microscopiche della materia (come la struttura del reticolo e la presenza di elettroni liberi) e, in secondo luogo, a quelle macroscopiche (come l'omogeneità del materiale e la presenza di imperfezioni più o meno superficiali, lavorazioni della superficie). Un materiale come il vetro infatti consente a gran parte della luce di essere trasmessa o riflessa; questo comportamento è proprio dei materiali isolanti che vengono pertanto definiti otticamente trasparenti. Al contrario i *materiali compositi polimerici* sono caratterizzati, siano essi a base di fibra di vetro o no, da una struttura microscopica che determina la diffusione della luce al loro interno e sono pertanto definiti otticamente *traslucidi*.

Da questo discende una principale differenza tra il vetro e i tessuti tecnici. È possibile affermare che una deviazione selettiva della luce è verificabile<sup>(8)</sup>, ai fini dell'amplificazione dei fattori luminosi all'interno di un ambiente, maggiormente in presenza di vetro trasparente piuttosto che di vetro traslucido o di materiali polimerici qui considerati. caratterizzati comunque da un elevato coefficiente di trasmissione luminosa. Questo fatto discende dalla natura stesso del fenomeno luminoso, per cui mentre la riflessione e la rifrazione sono cambiamenti regolari e determinati di traiettoria di onde e particelle, la diffusione avviene in modo casuale e dunque è descrivibile, anche attraverso gli strumenti di simulazione informatica, in modo più complesso.

Dalle proprietà ottiche di un materiale discende infatti anche il modo in cui tali caratteristiche possono essere simulate e correlate ad altre in progetti complessi come il progetto di architettura.

**Fig. 4.3**

Copertura in fibra di vetro rivestita con DuPont *Teflon Pffe* del Sony Center, Potsdamer Platz, Berlino, Helmut Jahn, 2000.

[Fonte: Dupont, sito ufficiale]

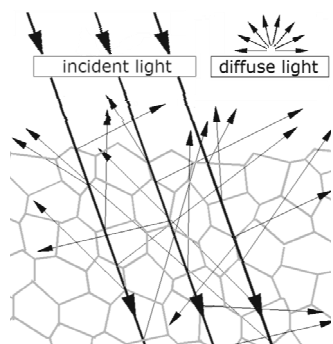
A queste caratteristiche si accompagna tuttavia una buona capacità di trasmissione della luce visibile che raggiunge, in casi come i film non tessuto in ETFE (Etilene TetrafluoroEtilene), prestazioni superiori a quelle del vetro.

### Comfort visivo

Per effetto della caratteristica di traslucenza i tessuti tecnici impiegati in architettura hanno la proprietà di diffondere la luce, oltre a trasmetterla e rifletterla.

Questa caratteristica si associa poi a quella di trasmissione della luce visibile che può variare dal 10% al 95% a seconda del prodotto tessile impiegato<sup>(9)</sup>.

Se da questo punto di vista la prestazione garantita può essere simile a quella del vetro, per i tipi che maggiormente consentono il passaggio della luce naturale (o artificiale) d'altro lato il campo luminoso generato dalla presenza di ampie strutture tessili può risultare, come nel caso di grandi strutture di copertura, eccessivamente uniforme e conseguentemente ne può derivare la perdita di percezione della tridimensionalità dello spazio e degli oggetti. La mancanza di contrasti nel campo visivo è infatti responsabile di diverse condizioni di mancanza di



**Fig. 4.4**  
Effetti di diffusione della luce attraverso un filtro traslucido. Dettaglio del rivestimento del *Kunsthhaus*, Bregenz, Peter Zumthor, 1997.



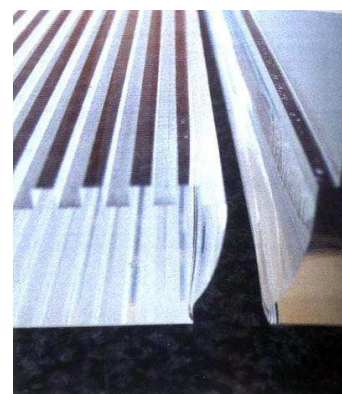
comfort visivo.

Una corretta comprensione dei fenomeni ottici in rapporto alle specifiche caratteristiche del materiale *vetro*, o suo derivato o *prodotto alternativo* che si intende impiegare in un preciso edificio è funzionale non solo al controllo della qualità del progetto finale ma anche alla descrizione dei possibili interventi manutentivi, di sostituzione o di integrazione che nel tempo possono rendersi necessari in ogni edificio e che risultano, in casi come questi, tanto più delicati quanto più complessa è stata la progettazione alla base degli stessi.

Se si decidesse di modificare, ad esempio, l'edificio della *Debis Tower* di Berlino sostituendo le superfici vetrate esterne con vetri dalle caratteristiche diverse, ad esempio riflettenti, per ragioni di mutata destinazione funzionale così come le superfici vetrate di copertura dell'atrio centrale, risulterebbe vanificato l'effetto di amplificazione dell'illuminazione naturale derivante dall'insieme di dispositivi e componenti tecnologici che caratterizzano l'involucro dell'edificio.

### Proprietà termiche

Per le caratteristiche di leggerezza e traslucenza le *membrane*<sup>(10)</sup> sono considerate, in campo edilizio, più come *filtri*<sup>(11)</sup> piuttosto che come barriere tra



l'interno e l'esterno.

Rispetto alle caratteristiche dell'ambiente esterno ad un edificio ogni materiale edilizio risulta consentire il passaggio di fattori esterni; l'esempio più comune è quello dell'acqua e dunque dell'umidità contenuta al di sotto del piano di campagna che sale per capillarità dalle chiusure esterne fino agli ambienti interni. Per questo motivo ogni materiale può essere considerato un "filtro" rispetto a determinati fluidi o gas.

Ciò che caratterizza in particolare le membrane è la proprietà, derivante dal ridottissimo spessore e dunque della bassa inerzia termica, di lasciarsi attraversare da una quantità di calore superiore a quella di tutti gli altri materiali impiegati in edilizia, compreso il vetro. Alcuni studi condotti su questi temi hanno stimato la *resistenza termica conduttiva*<sup>(12)</sup> di membrane in fibra di vetro e ptefe pari a 0,0042 (mqK/W), pari cioè a meno della metà di quella di un vetro singolo, stimata in 0,01 (mqK/W), e di oltre venti volte inferiore a quella del calcestruzzo di 0,15 (mqK/W). Questo fatto determina una variazione pressoché istantanea della temperatura sulla faccia interna della membrana al variare delle condizioni esterne e dunque una più complessa capacità di controllo delle condizioni microclimatiche degli ambienti interni.

Nel caso delle membrane come nel caso del vetro i requisiti termici e igrometrici<sup>(13)</sup> assumono un ruolo centrale nella progettazione, sia in fase ideativa sia in fase di sviluppo del progetto, nel momento cioè in cui ci si

**Fig. 4.5**

Facciata in pannelli di acrilico con diverse lavorazioni superficiali in relazione allo studio della diffusione della luce. Grande magazzino e sede della *Reiss Ltd*, Londra, Squire and Partner, 2007-08.

[Fonte: Detail, 5, 2008]

confronta con le possibilità di controllo e gestione della qualità del prodotto finito. Tuttavia in ragione delle caratteristiche stesse di questi materiali e dello stato dell'arte della ricerca applicata al settore delle costruzioni i molti prodotti in vetro piano oggi disponibili evidenziano una maggiore "capacità selettiva" del materiale rispetto ai fattori energetici legati all'illuminazione naturale esterna, così come visto per i fattori luminosi della luce.

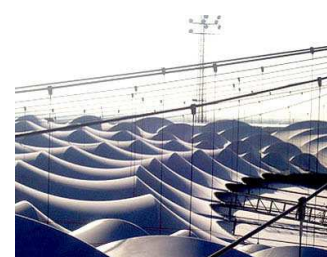
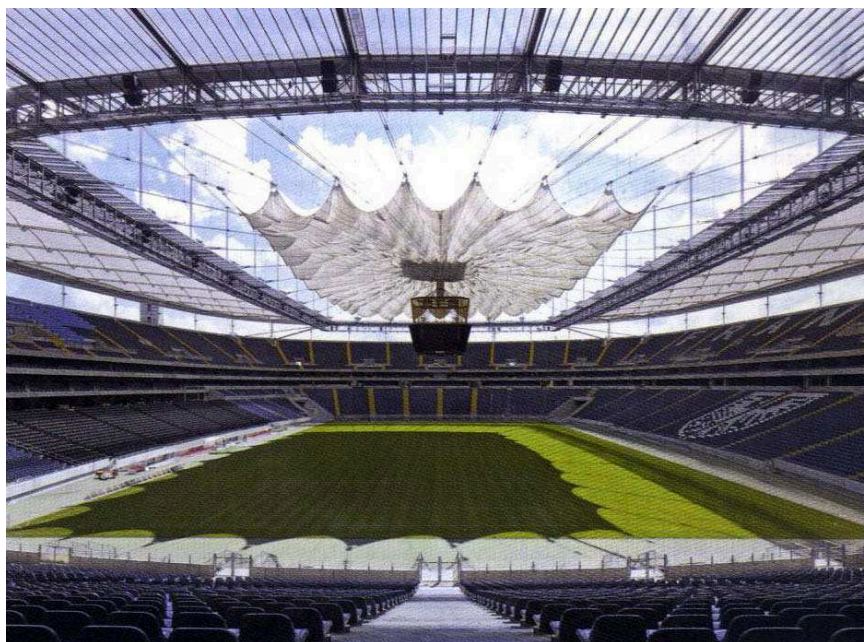
L'originaria temporaneità delle architetture a membrana oggi ha lasciato il posto a manufatti permanenti, grazie all'innovazione maturata nella filiera e al crescente interesse che i progettisti mostrano per questi materiali. Ciononostante i materiali tessili mostrano maggiori limiti d'impiego rispetto alla tecnologia del vetro; limiti relativi, ad esempio, a sistemi strutturali specifici, come le strutture di copertura di spazi pubblici, esterni o interni, o a condizioni d'uso specifiche, come nel caso del progetto *Eden* progettato dallo studio Grimshaw e realizzato nei pressi di St. Blazey, nel Regno Unito. Progetti come quello dello *Zenit* di Strasburgo progettato dallo studio Fuksas e nel quale le tensostrutture di copertura vengono estese anche in facciata restano ancora casi isolati che tuttavia sottolineano, ancora una volta, l'uso delle membrane in spazi dalle non particolari esigenze di comfort microclimatico, come le zone di filtro e di passaggio tra attività principali di un edificio.

### Comfort termo-igrometrico

I polimeri impiegati in edilizia sono per definizione materiali isolanti. Tuttavia se impiegati sotto forma di membrane determinano problemi progettuali dal punto di vista del *controllo del fattore solare, dell'isolamento termico e dell'inerzia termica*<sup>(14)</sup>. La bassissima inerzia termica e le ridotte proprietà isolanti unite alle caratteristiche di idrorepellenza con cui le membrane vengono confezionate sono responsabili, innanzitutto, dei fenomeni di condensa che le caratterizzano<sup>(15)</sup>, i quali sono accettabili solo in condizioni particolari, come quello già citato dello studio Grimshaw per la realizzazione di biosfere.

A questo si deve aggiungere che i cambiamenti di temperatura sulla faccia interna delle membrane avvengono in modo pressoché istantaneo rispetto ai cambiamenti del microclima e del clima esterno, tale per cui risulta complesso e dispendioso un efficiente controllo energetico degli edifici, soprattutto in presenza di membrane monostrato o non associate ad altri componenti tecnologici.





**Fig. 4.6**  
Copertura retrattile della  
Commerzbank Arena, Francoforte,  
Gerkan Marg and Partner, 2005.  
[Fonte: Detail, 9, 2006].

#### 4.2.1 Film non tessuto in ETFE (etilene tetrafluoroetilene)

È un tipo di fluoropolimero progettato per avere un'alta resistenza alla corrosione in un ampio spettro di temperature.

I singoli composti sono per lo più noti con i nomi commerciali di "Tefzel" di DuPont, "Fluon" della Ashai Glass Company e "Teflon" della Vector Foiltec. Questa gamma di tessuti è definita traslucida dal punto di vista dell'ottica poiché consente il passaggio di luce diffusa.

Le prestazioni nello spettro della luce visibile sono estremamente elevate tanto da poter raggiungere una permeabilità del 90%<sup>(16)</sup>.

Queste membrane costituiscono oggi un'ampia gamma di materiali in grado di rispondere a specifiche esigenze quali: il controllo climatico degli edifici<sup>(17)</sup>; il controllo del colore degli edifici sia attraverso colorazioni in pasta delle membrane sia attraverso la stampa di immagini o l'integrazione di sistemi LED<sup>(18)</sup>.

Prestazioni aggiuntive sono poi garantite nel campo della ventilazione naturale, per la possibilità di integrare sistemi di infissi apribili alle strutture di membrana, così come in campo acustico permettendo di realizzare superfici internamente non riflettenti (come la maggior parte dei materiali da costruzioni ad eccezione dei più porosi) e dunque favorevoli al controllo del comfort

acustico.

La durabilità di queste strutture è stimata di oltre venticinque anni, paragonabile cioè a quella dei tessuti in fibra di vetro rivestiti silicone o PTFE<sup>(19)</sup>. Studi più recenti hanno infine condotto all'integrazione di celle fotovoltaiche nelle strutture a membrana, tali da rendere queste tecnologie una valida alternativa alla tecnologia del vetro in molteplici contesti nei quali il rapporto con la luce naturale costituisce un obiettivo primario della progettazione.

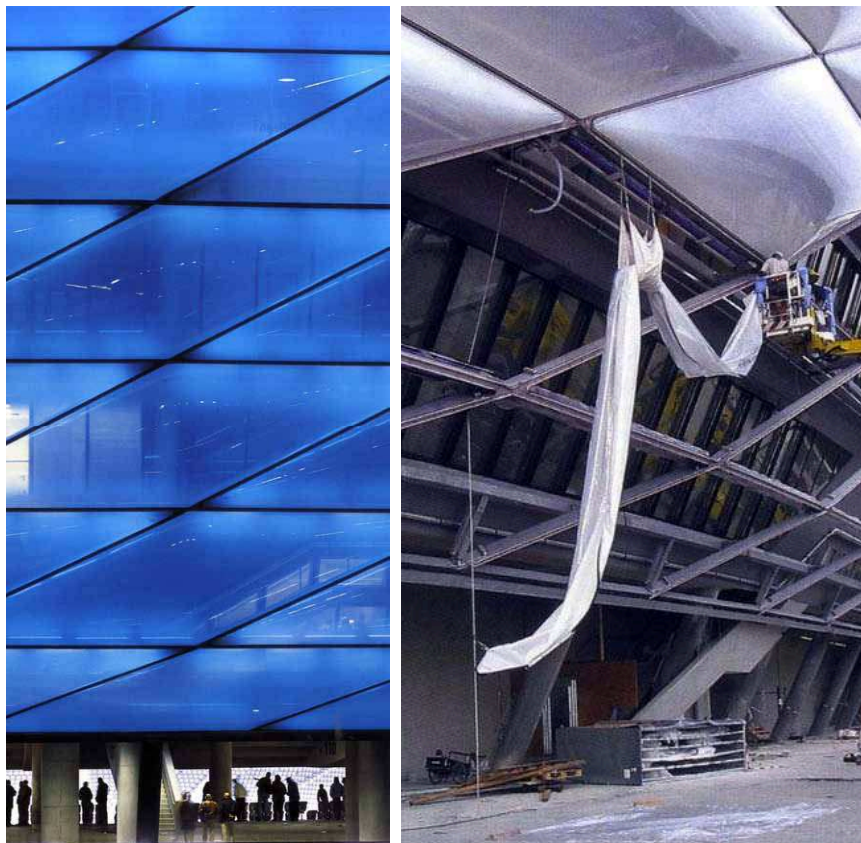
Queste pellicole plastiche sono considerate oggi il materiale dalle prestazioni migliori in quanto a trasmissione di raggi UV e della luce. Presentano rinnovate prestazioni dal punto di vista della manutenzione, non solo in virtù della resistenza chimica, ma anche grazie a soluzioni di tipo "autopulente" che riducono la necessità di manutenzione ordinaria. Sono inoltre dotate di una quasi totale riciclabilità, tale da renderle un interessante campo d'indagine anche dal punto di vista degli obiettivi di salvaguardia ambientale.

Dal punto di vista progettuale questo tipo di struttura richiede una forte interazione tra progettista, strutturista e produttore<sup>(20)</sup> al fine di controllare la coerenza tra le scelte morfologiche, in particolare, del progetto e le caratteristiche del prodotto; questo in virtù della flessibilità di forma che queste pellicole possono garantire e della loro attuale relativa diffusione, tale da non consentire ancora valutazioni per casistiche bensì caso per caso. La collaborazione con il produttore prosegue anche nella fase di cantiere dove i produttori eseguono anche la fase di montaggio, servendosi di manodopera altamente qualificata.

#### **4.2.2 Tessuti in fibra di vetro, rivestiti PTFE (politetrafluoroetilene)**

il vetro sotto forma di fibra riveste un ruolo importante anche nella categoria dei tessuti tecnici per il settore delle costruzioni. Alcune famose realizzazioni come il *Sony Center* di Berlino ed altre meno note ma più diffuse come al copertura di aree di parcheggio, di spazi commerciali o di nodi infrastrutturali mostrano un crescente interesse per questi materiali e per la loro capacità di relazionarsi in modi molteplici con il tema della luce, tanto naturale quanto artificiale.

Dal punto di vista delle caratteristiche meccaniche e chimiche questi tessuti non sono dissimili da quelli precedentemente descritti in fluoropolimeri. Tuttavia in ragione di spessori maggiori, che ne determinano anche un peso di circa quattro volte superiore per unità di superficie possiedono fattori di trasmissione della luce assai inferiori calcolati fino ad un massimo del 20% della luce visibile.



**Fig. 4.7**  
Struttura pneumatica in ETFE, *Allianz Arena*, Monaco, Herzog & De Meuron, 2005.  
[Fonte: Detail, 9, 2005]

Nonostante questa caratteristica il campo dei tessili in fibra di vetro costituisce un ambito d'indagine fortemente esplorato sia dai progettisti sia dai produttori. La fibra di vetro infatti consente, ai diversi materiali che va a comporre, di superare la caratteristica fragilità della lastra monolitica per ottenere materiali dall'elevata resistenza meccanica e di resilienza.

In questo settore si distinguono tanto i produttori consolidati nella produzione e lavorazione del vetro piano, come la compagnia Saint-Gobain quanto produttori specializzati che offrono, sempre più di frequente, una gamma di servizi di supporto dalle prime fasi di progettazione fino alla realizzazione dell'opera<sup>(21)</sup>.

**Fig. 4.8**

Coefficienti di trasmissione della luce visibile per incidenza normale in alcune tipologie di sistemi a trasparenza variabile.

[Fonte: Vivona, 2011]

<b>Sistemi trasparenti</b>	$\tau_v$
vetro float singolo chiaro 4-6 mm	0,80-0,90
vetro float singolo assorbente	0,70-0,80
vetro singolo retinato	0,85
vetro float singolo colorato in massa a seconda del colore	0,30-0,60
vetro float singolo riflettente	0,35-0,60
vetro float singolo bassoemissivo	0,50-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare	0,65-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare con ricoprimento bassoemissivo	0,60
polycarbonato chiaro	0,80-0,90
lastre traslucide in materiale plastico	0,10-0,80

#### 4.2.3 Tessuti in fibra di vetro, spalmati in silicone

Migliori caratteristiche di trasmissione della luce visibile sono ottenute invece con l'utilizzo dei cosiddetti *tessuti in fibra di vetro spalmati silicone*; questi tessili possono infatti raggiungere un fattore di trasmissione anche dell'80%. Oltre a questo una delle più apprezzate caratteristiche che li rende preferibili ad altri tessili anche di costo minore è sicuramente l'elevata resistenza al fuoco e l'assenza di emissione di sostanze nocive. Infatti sia i tessuti in fibra di vetro e ETFE sia i film o tessuti in PTFE sono materiali infiammabili (classi di resistenza al fuoco B1/A2 secondo la normativa DIN 4102), che richiedono dunque una progettazione attenta agli aspetti di sicurezza al fuoco.

A queste caratteristiche apprezzabili in campo architettonico corrispondono tuttavia alcuni limiti derivanti in particolare dalla minor durabilità delle strutture e dalla minore resistenza allo sporco.



caratteristica	PRODOTTI MULTICOMPONENTE			PRODOTTI MONOCOMPONENTE	
	Tessuto rivestito poliestere/PVC	Tessuto rivestito vetro/PTFE	Tessuto rivestito vetro/silicone	Tessuto rivestito PTFE espanso	Film non tessuto in ETFE
Resistenza trama/ordito [kN/m]	115/102	124/100	107/105	84/80	3/5
Peso del tessuto [g/m <sup>2</sup> ]	1200 [tipo 3]	1200 [tipo 65]	1100	670 [tipo 1]	350
Strappo trapezoidale trama/ordito [N]	800/950	400/400	960/700	925/925	450/600
Trasmissione luce visibile [%]	10-15	10-20	< 80	19-38	95
Ritorno alla flessione/piegatura	alta	bassa	alta	alta	bassa
Reazione al fuoco	M2 [NFP92503]	M1 [NFP92503]	A [ASIM E-108]	M1 [NFP92503]	A[DIN 4102]
	B1 [DIN 4102]	B1/A2 [DIN 4102]	Nessuna tossicità dei fumi	B1/A2 [DIN 4102]	
Resistenza allo sporco	incrementabile con rivestimenti superficiali in pvdf	alta	media	medio-alta	alta
Resistenza all'invecchiamento	medio-bassa, incrementabile con rivestimenti superficiali in pvdf o TiO <sub>2</sub>	alta	medio-alta	alta	alta
Durata garantita dai produttori	10-15 anni	30 anni	20 anni	30 anni	30 anni

**Fig. 4.9 (in alto)**

Confronto tra leprestazioni dei principali tessuti rivestiti e *film* non tessuto impiegati nella realizzazione di architetture tessili.

[Fonte:Zanelli, 2011]

**Fig. 4.10 (a lato)**

Copertura in tessuto in fibra di vetro/*ptfe* e film trasparente in *etfe* per la nuova Biblioteca Filologica della Libera Università di Berlino. Foster & Partner, 2006.

[Fonte:La Stampa, 2010]



**Fig. 4.11**

*Aviva Stadium, Dublino, 2007-2010, Populous architects e Scott Tallon Walker. Rivestimento esterno in lastre Lexan® di SABIC Innovative Plastics.*

### 4.3 Materiali polimerici in lastre

Più diffuso attualmente rispetto all'impiego dei tessili tecnici risulta quello di materiali plastici rigidi come il policarbonato (PC) o il polimetilmetacrilato (PMMA o vetro acrilico). Tra i due il primo è quello preferibilmente impiegato, nonostante un costo maggiore, per via della migliore resistenza meccanica e il migliore comportamento al fuoco<sup>(22)</sup>.

Dal punto di vista della produzione, lavorazione e messa in opera di sistemi, siano essi di copertura, di facciata o di elementi quali parapetti o pensiline, questi materiali hanno conosciuto, a partire dalla seconda metà del Novecento, un'ampia diffusione nel settore delle costruzioni e sono oggi disponibili in una gamma di materiali dalle prestazioni specifiche, conseguibili sia attraverso pacchetti monostrato che multistrato.

Gli studi sul policarbonato iniziano negli anni Trenta del XX secolo ad opera dell'azienda DuPont, ma è solo negli anni Sessanta del medesimo secolo che il materiale conosce una diffusa commercializzazione ad opera di aziende quali la Bayer e la General Electric.

In edilizia è la tipologia del policarbonato alveolare quella più diffusamente impiegata e apprezzata per le caratteristiche di trasparenza, leggerezza, facilità di posa e resistenza meccanica tali da essere considerato una valida alternativa al vetro in sistemi di copertura e di facciata.

Alla trasparenza in termini di capacità di trasmettere la luce naturale che caratterizza il prodotto finito in policarbonato alveolare corrisponde tuttavia una visione non limpida attraverso la lastra, la quale è diretta conseguenza delle nervature che conferiscono la caratteristica resistenza meccanica. Questo fatto tende a privilegiare l'impiego del vetro in tutti quei contesti in cui si vuole favorire, insieme ad altri fattori, una visione nitida tra interno ed esterno degli edifici o, come visto in precedenza, un maggiore controllo della diffusione luminosa all'interno degli ambienti. A questo aspetto si associano poi gli svantaggi, che presentano tanto le lastre in PC quanto quelle in PMMA, derivanti da una scarsa resistenza alla scalfittura e dall'elevato coefficiente di dilatazione termica<sup>(23)</sup>, fattori che vanno attentamente considerati in fase di progetto nei termini di modalità di posa e compatibilità con le attività presenti nell'edificio.

Questi aspetti hanno indotto alla ricerca di migliorate prestazioni sia in termini di percezione visiva sia di resistenza alle variazioni termiche. In commercio sono oggi disponibili lastre di policarbonato compatto che risultano, nell'aspetto, molto più simili alle lastre di vetro.

Tanto il PC quanto il PMMA sono dotati di una buona brillantezza



superficiale e sono disponibili non solo in una varietà di profili, ma anche in diverse tonalità di colore e lavorazione superficiale.

Dal punto di vista delle caratteristiche ottiche invece, pur possedendo entrambe le categorie di prodotto elevati coefficienti di trasmissione della luce visibile (fattore di trasmissione luminosa: fino a 92%), il PMMA possiede le migliori proprietà ottiche e una leggerezza pari alla metà di quella del vetro<sup>(24)</sup>.

### Applicazioni

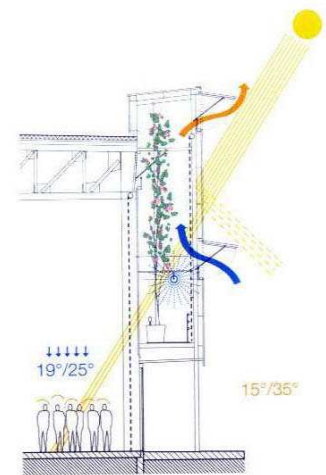
Il concorso promosso dall'Associazione europea dei produttori di lastre in policarbonato (EPSE, *European Polycarbonate Sheet Extruders*) ha quest'anno premiato progetti che evidenziano il livello di specializzazione raggiunto dalla filiera della produzione di PC e il grado di integrabilità di questi sistemi con altri diffusi nel contesto contemporaneo, come i sistemi fotovoltaici per le soluzioni di copertura.

Sono stati infatti premiati i progetti per lo stadio *Aviva* a Dublino dove l'involucro esterno è interamente rivestito in lastre di policarbonato, e lo stadio tedesco *Bremen Weser*, dove celle fotovoltaiche sono state integrate tra due lastre di policarbonato, più leggere e meno fragili dei tradizionali rivestimenti in vetro utilizzati per i pannelli solari<sup>(25)</sup>.

Alcuni architetti che sperimentano da tempo la tecnologia del vetro nelle proprie opere si sono al tempo confrontati con materiali plastici quali il policarbonato.

Tra i più noti progetti vi sono quelli degli architetti Jaques Herzog & Pierre De Meuron che hanno impiegato il policarbonato nel progetto del *Magazzino Ricola* a Mulhouse in Francia, evidenziando le proprietà del materiale come supporto per diverse tecniche di stampa.

Nel progetto dello studio francese *Lacaton e Vassal* per la *Hall* della fiera di Parigi il policarbonato viene impiegato nella forma di lastre ondulate trasparenti per il tamponamento, interno e esterno, del doppio involucro che ospita, nello spazio intermedio, una zona di filtro per usi molteplici.



**Fig. 4.12**  
*Fair & exhibition hall*, Parigi, 2007,  
Lacaton & Vassal.  
[Fonte : Detail, 5, 2007]

(1) TONI, Michela, "Prestazioni dei compositi", in Toni, Michela (a cura di), *FRP. Architettura. Costruire con materie plastiche rinforzate con fibre*, Alinea, Firenze, 2005, pp. 13-38.

(2) *Ibid.*, p. 15.

(3) Si fa qui riferimento alla classe esigenziale del "Comfort visivo" e ai requisiti relativi dell'"Assorbimento del flusso luminoso" e del "Controllo del flusso luminoso" come definito nella norma UNI 8289:1981 *Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*.

(4) TONI, Michela, "Prestazioni dei compositi", in Toni, Michela (a cura di), *FRP. Architettura. Costruire con materie plastiche rinforzate con fibre*, Alinea, Firenze, 2005, pp. 13-38.

(5) Al termine *materie plastiche e polimeri* viene spesso associato il medesimo significato nella letteratura specifica, sebbene alcuni autori pongano una distinzione definendo con materie plastiche solo un gruppo di sostanze, ovvero quelle sintetizzate chimicamente e che trovano impiego come materiali. Questo diverso approccio è espresso anche nel testo SAECHTLING, H., *Manuale delle materie plastiche*, Milano, Tecniche Nuove, 2006, p. 3. In questa trattazione, come nel testo citato, i due termini vengono utilizzati come sinonimi.

(6) Definizione elaborata dall'*Institut Francais du textile et de l'habillement*, come citato in Zanelli, Alessandra, "I tessili tecnici per l'architettura", in *Costruire in laterizio*, 144, 2008, apparati.

(7) SAECHTLING, H., "Comportamento ottico", *Op. Cit.*, p. 131.

(8) Per una trattazione specifica del tema della "verificabilità del progetto" nel contesto attuale e in rapporti ai mezzi e strumenti contemporanei si rimanda ai capitoli 6 e 7.

(9) Secondo recenti studi la trasmissione della luce visibile (%) risulta: tra il 10-15% per tessuti rivestiti poliestere/PVC; tra il 10-20% per tessuti in fibra di vetro/PTFE; <80% per tessuti in fibra di vetro/silicone; tra il 19-38% per tessuti rivestiti in PTFE espanso; del 95% per tessuti in ETFE. Fonte dei dati: ZANELLI, Alessandra, "I tessili tecnici in architettura", in *Costruire in laterizio, Architetture dublinesi*, n° 144, 2008, pp. XVII-XX.

(10) Nella scienza delle costruzioni con il termine "membrana" o "guscio" si identificano elementi strutturali aventi le dimensioni di lunghezza e larghezza prevalenti rispetto a quella dello spessore e caratterizzate, inoltre, da una flessibilità geometrica non riconducibile ad un piano (nel qual caso infatti si parlerebbe di "piastra"). ENGEL, Heino, *Atlante delle strutture*, Torino, UTET, 2001, pp. 350.

(11) In generale con il termine "filtro" o "diaframma" si intende la capacità di un mezzo di essere attraversato "lentamente" (dunque in un arco di tempo variabile a seconda della natura del mezzo) da un fluido o da un gas e di trattenere parte delle particelle in essi contenute. In questo senso anche una muratura in mattoni è considerata, per via della sua porosità, un filtro rispetto all'umidità; lo stesso non si può dire nei confronti della luce nella sua componente luminosa, poiché è un materiale opaco; al contrario tutti i materiali sono considerabili "filtri" dal punto di vista del calore in relazione alla rispettiva "inerzia termica".

(12) La resistenza termica conduttiva di un mezzo dipende dalla geometria e dalle caratteristiche termiche (conducibilità termica,  $\lambda$ ) del mezzo stesso. In generale per una parete piana è definita dal rapporto tra lo spessore e la superficie per la conducibilità termica, secondo la formula:  $R = L/\lambda A$ .

(13) Si fa qui riferimento alla norma UNI 8289:1981 *Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*. alla classe esigenziale del "Benessere termico e igrometrico" e ai requisiti specifici di: controllo del fattore solare; isolamento termico; controllo dell'inerzia termica.

(14) *Ivi*.

(15) CAMPIOLI, Andrea e ZANELLI, Alessandra, *Architettura tessile: progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, Il Sole24Ore, 2009, p. 169.

(16) Si fa qui riferimento agli studi riportati in CAMPIOLI, ZANELLI, *Op. Cit.*, e inoltre alle schede tecniche rese disponibili dai produttori citati.

(17) L'azienda Vector Foiltec commercializza, per citare un esempio, con il nome Texlon System un sistema di facciata e copertura dalle specifiche caratteristiche di controllo climatico. Tali sistemi sono concepiti come un involucro stratificato caratterizzato da più *layer* di "cuscini pneumatici". Questo materiale trova oggi impiego, a seguito di applicazioni esclusive in campo industriale, in architetture permanenti quali il progetto *Eden* dello studio Grimshaw and Partner.

(18) Con particolare riferimento ai dati pubblicati dal produttore VectorFoiltec sul proprio sito web: [www.vector-foiltec.com](http://www.vector-foiltec.com).

(19) MORITZ, Karsten, "Materiali per membrane in edilizia. Tessuti e pellicole", in De Angelis, Enrico (a cura di), *PRAXIS. Trasparenze, vetri, plastiche, metalli.*, UTET, Torino, pp. 64-65.

(20) *Ibid.*, p. 77.

(21) Un esempio di aziende consolidate come *specialty contractor* per progettisti e committenti nel campo della ingegnerizzazione e costruzione di strutture tessili leggere in diversi campi dell'architettura e dell'ingegneria civile è la britannica *Birdair Company* responsabile della progettazione e realizzazione, tra le altre, della già citata copertura tessile che caratterizza il *Sony Center* di Potsdamer Platz.

(22) BANO, Valentina, "I prodotti a base polimerica" in *Trasparenze di sintesi*, tesi di dottorato di ricerca in tecnologia dell'architettura, XXI ciclo, 2009, pp. 125-126.

(23) Per lastre posizionate in sistemi di facciata il coefficiente di dilatazione termica è stimato pari a 0,065 mm/m K, otto volte superiore a quello del vetro. Con un gradiente termico annuo di 50 K tra inverno e estate, una lastra di 1 m \* 2 m ha dilatazioni fino a 3 mm sul lato corto e fino a 6 mm sul lato lungo. Fonte dei dati: KALTENBACH, Frank, "Plastiche. Lastre semilavorate traslucide", in DE ANGELIS, Enrico, (a cura di), *PRAXIS. Trasparenze, vetri, plastiche, metalli.*, UTET, Torino, pp. 44-45, (titolo originale, KALTENBACH, Frank, a cura di, *Trasluzente Materialien. Glas, kunststoff, metall*, Monaco, Institut fur internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co., 2003).

(24) *Ivi.*

(25) La tecnologia qui impiegata è quella commercializzata dalla Bayer con il nome *Makrolon® Sheets for Solar Modules*.



## **Le risorse e i limiti della tecnologia.**

**Fattori che influenzano la costruzione e la gestione in uso**

# 5

## 5.1 Il progetto della tecnologia del vetro

Nel contesto dei progetti indagati lo studio della tipologia strutturale rappresenta un processo condotto parallelamente ad altre analisi, di tipo ambientale soprattutto, fin dalle prime fasi della progettazione. Questo fatto è diretta conseguenza dei principali parametri che concorrono a definire la forma e la volumetria degli edifici caratterizzati, nell'attuale progetto d'architettura, da un diffuso impiego della tecnologia e come conseguenza di obiettivi quali:

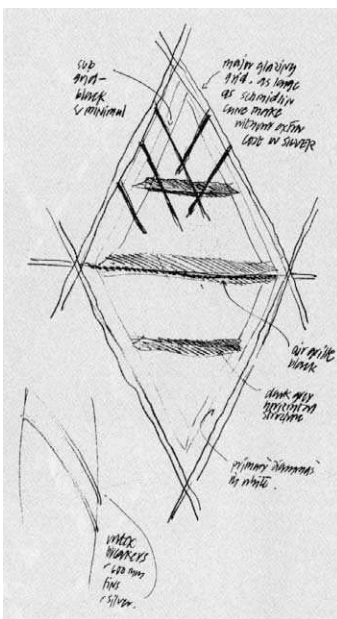
- la valorizzazione dell'illuminazione naturale;
- la valorizzazione della ventilazione naturale;
- il controllo del bilancio energetico di un edificio e lo studio del guadagno diretto e indiretto dall'energia solare.

Nello studio della filiera è risultato rilevante il rapporto che tali obiettivi determinano tra i parametri di forma che caratterizzano un edificio quali la compattezza, la morfologia, della pianta e della sezione, e infine le caratteristiche dell'involucro. Questi indicatori sono importanti tanto per il

**Fig. 5.1**

Dettaglio del progetto dell'involucro vetrato in rapporto alla struttura portante tipo *diagrid* e vista dell'ingresso nel progetto *St. Mary Axe*, Londra, Foster & Partner, 2000-04.

[Fonte: IUSSEL, 2004]





progettista quanto per chi gestisce la fase di costruzione dell'opera, responsabile dell'incidenza che ciascuna scelta ha sui costi complessivi della costruzione<sup>(1)</sup>.

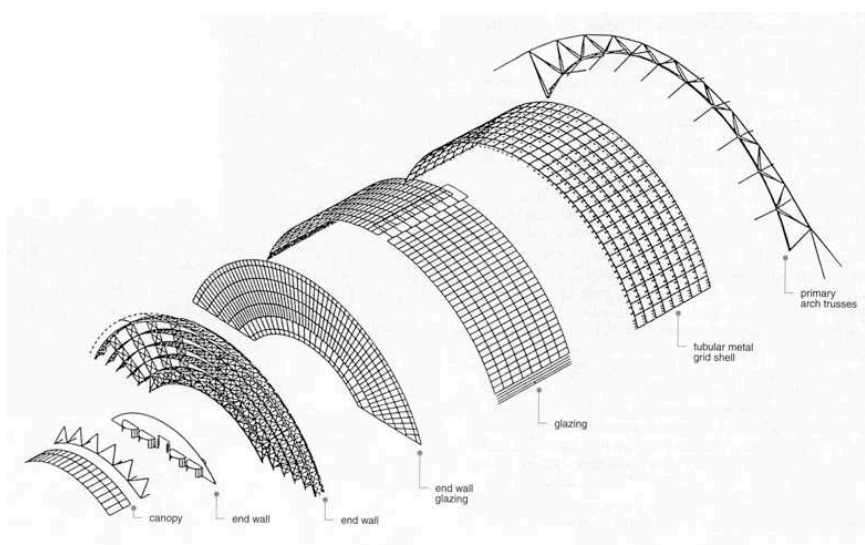
L'analisi dei casi ha permesso inoltre di evidenziare come a tali indagini, condotte parallelamente e attraverso il supporto di un *team* di progetto *allargato*<sup>(2)</sup>, corrisponda un tipo d'informazione parametrica, che viene progettata per garantire *output* utili a tutto il ciclo di vita dell'opera, compresa la fase di gestione in uso.

### 5.1.1 Il parametro della struttura portante

Il calcolo della più idonea struttura portante risulta associato, nei casi indagati, a due fattori principali:

- la ricerca di soluzioni che a parità di prestazioni impieghino un quantitativo minore di materiale (come nel caso dell'adozione di strutture tipo *diagrid*);
- l'incidenza della morfologia strutturale rispetto a obiettivi di efficienza energetica dell'edificio secondo parametri, ad esempio, come quelli mostrati in figura 5.4.

Nel caso del progetto dalla *Hall* per la nuova fiera di Lipsia questi criteri



**Fig. 5.2**

Schema costruttivo delle strutture portanti, di irrigidimento e ancoraggio del rivestimento in vetro nel progetto della *Hall* d'ingresso della nuova fiera di Lipsia: Ian Ritchie Architects per i progettisti Gerkan, Marg and Partner, 1992-96.

[Fonte: PEPCHINSKI, 1996]



**Fig. 5.3**  
Vista interna e esterna del centro fieristico di Lipsia: Ian Ritchie Gerkan, Marg and Partner, 1992-96.

hanno condotto a una scelta costruttiva non tradizionale e in base alla quale le strutture portanti sono state portate all'estradosso, mentre il rivestimento in vetro costituisce il livello più interno del complessivo sistema; questo con effetti tanto sul consumo energetico quanto sulla percezione della trasparenza della struttura, differente dall'interno o dall'esterno.

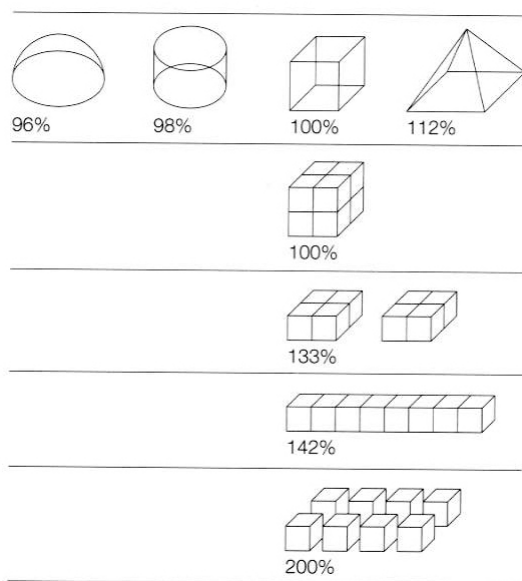
Il rapporto tra la tecnologia del vetro e le strutture a telaio, a traliccio o loro evoluzioni non è un fatto contemporaneo. La tecnologia del vetro è infatti protagonista di un fondamentale cambiamento nell'arte di costruire edifici: il passaggio dalle pesanti e limitate in altezza strutture in muratura portante alle più snelle strutture a telaio. Questo passaggio ha determinato, fin dai primi decenni del Novecento, la necessità dei progettisti di confrontarsi con problemi costruttivi inediti.

Un decennio prima infatti dell'avvio della produzione meccanizzata delle lastre di vetro *William Le Baron Jenney* progetta il *Reliance Building* a Chicago, inaugurando così la stagione dei grattacieli a gabbia d'acciaio semirigida<sup>(3)</sup>.

Da questo momento la relazione tra il vetro e le strutture portanti degli edifici diviene più complessa sia in ragione dei carichi esterni ai quali entrambi sono sottoposti, in particolare il carico del vento, sia della trasmissione di carichi statici e dinamici dalle strutture a telaio alle lastre di vetro stesso. La prima conseguenza di questo cambiamento è uno studio più approfondito del rapporto tra il materiale e le sue specifiche strutture portanti quali i telai, gli infissi, i giunti e i sistemi di ancoraggio.

L'evoluzione di questi sistemi costruttivi ha permesso e condizionato, unitamente alla ricerca applicata alle caratteristiche del materiale, l'impiego del vetro tanto in architettura quanto in edilizia. Tuttavia sia che ci si riferisca a edifici esemplari, di un'epoca, di uno stile o dell'opera di un maestro dell'architettura, sia che si faccia riferimento ai più diffusi fabbricati di meno noti autori e di minori caratteristiche di pregio esiste un comune denominatore di riferimento o, per meglio dire, comuni caratteristiche di contesto produttivo nelle quali tali opere vengono realizzate. Innanzitutto la contemporanea industria delle costruzioni, con proprie caratteristiche di produzione, tempi e costi, e allo stesso tempo la disponibilità di materiali, componenti e sistemi che ne deriva. Se è vero infatti che ogni opera costruita è frutto dell'ingegno umano e delle sue capacità creative è possibile altrettanto affermare che è conseguenza delle disponibilità di mezzi in una determinata epoca storica. Conseguenza di tale disponibilità è la tipologia e organizzazione delle conoscenze che si formano anche intorno ai problemi legati al costruire edifici.

È in particolare con il tipo della torre per uffici o residenze che si

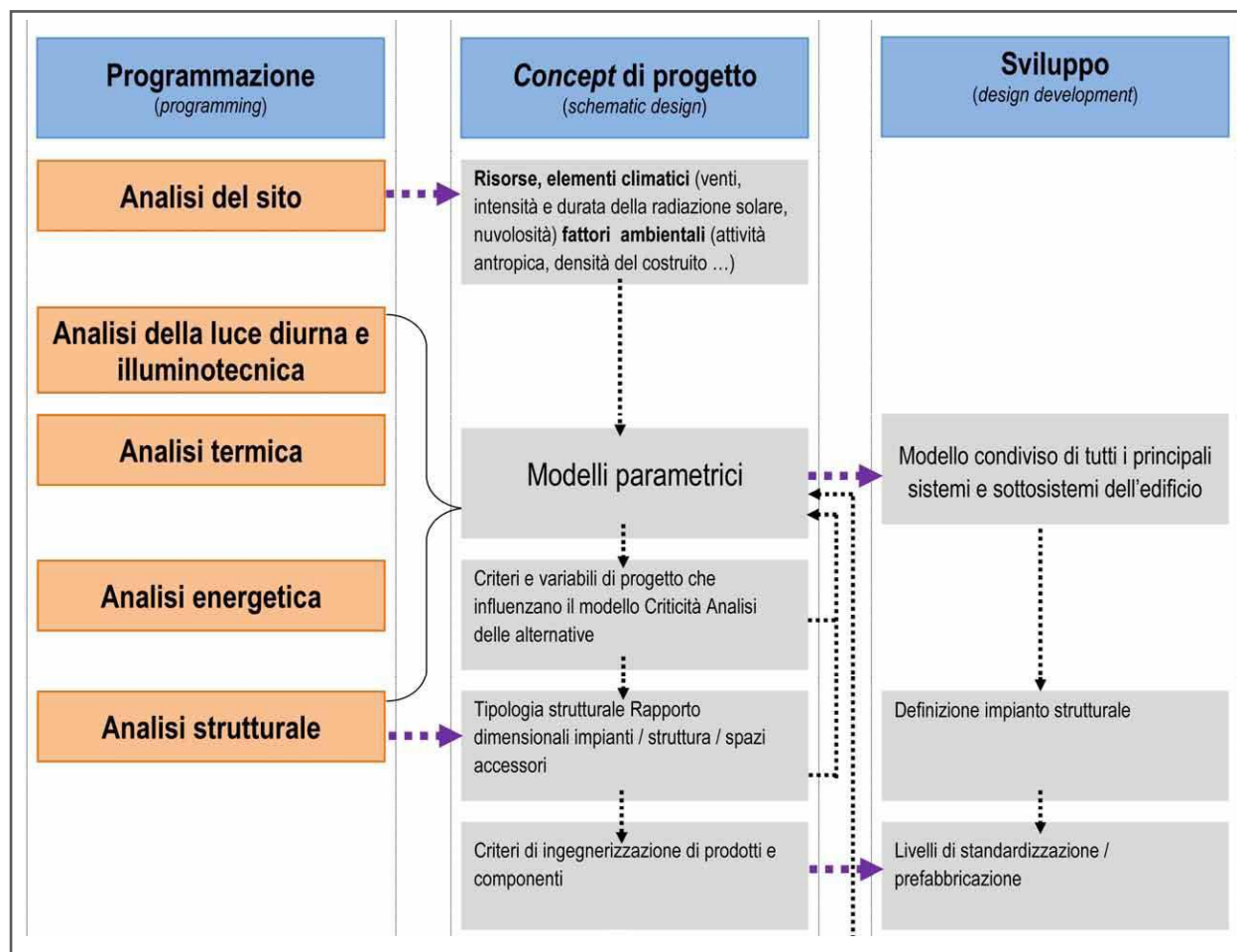


**Fig. 5.4**

Variazione del fabbisogno calorico di un edificio al variare della superficie, mantenendo il volume costante.  
[Fonte: SCHITTICH, 2003]

**Fig. 5.5**

Tecnologia del vetro e sviluppo del progetto: identificazione dei processi principali in relazioni agli obiettivi della progettazione e ruolo dell'informazione parametrica, con riferimento al metodo *Integrated Project Delivery* e alla norma UNI ISO 1006:2005, *Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti* e all'appendice B del presente lavoro.  
[Fonte: l'autore]





**Fig. 5.6**

Burnham & Root, *Reliance building*, Chicago, Illinois, USA, 1894–1895, [www.taschen.com]; Burnham & Co, *Flatiron Building*, New York, 1903; W. Van Alen, *Chrysler Building*, New York, 1930).

inaugura una stagione in cui il tema dell'altezza e del volume degli edifici divengono i nuovi parametri di complessità. Grazie a questa tipologia edilizia infatti il vetro conosce una nuova diffusione, la quale apre la possibilità a nuove sperimentazioni, in primo luogo legate alla comprensione dei fattori che condizionano la resistenza meccanica del materiale.

Il requisito primario degli edifici alti è quello di possedere una struttura abbastanza solida da resistere alla spinta del vento, ma allo stesso tempo leggera per non limitare lo spazio utilizzabile e per non collassare sotto il proprio peso, sufficientemente flessibile per sopportare le spinte derivanti da un terremoto e, infine, sufficientemente rapida da costruire per non gravare sui costi di costruzione<sup>(4)</sup>.

La corsa all'altezza conosce i primi momenti esemplari negli anni Venti del secolo scorso quando l'opera di architetti quali *Louis Sullivan* e *Daniel Burnham* diede vita ai primi simboli del potere economico. Al volgere del secolo infatti erano ancora le figure di importanti imprenditori a dare impulso al settore delle costruzioni. Erano gli stessi che avevano visto crescere la propria fortuna nell'industria pesante, nella ferrovia e nelle linee di navigazione e che vedevano nel grattacielo l'emblema della supremazia della tecnica.

Affrontando il tema dell'impiego del vetro nei grattacieli non è possibile non considerare il dibattito emerso, e mai conclusosi, sui significati associati alla diffusione di questa tipologia edilizia. Anche in un contesto come quello del presente studio, dove si intende focalizzare l'attenzione sulle possibilità della tecnica e gli esiti costruttivi che ne derivano, è rilevante sottolineare come la tecnologia del vetro abbia attinto dalle innumerevoli riflessioni scaturite da questo contesto. Il risultato che pare evidenziarsi è quello di un costante interesse manifestatosi anche nei confronti del materiale vetro, sia in senso positivo sia in senso negativo, che è ancora oggi fattore determinante nella diffusione della tecnologia.

La possibilità di sviluppare la città in verticale arriva poi in un momento in cui lungo le vie strette e molto frequentate aumentavano il rumore del traffico cittadino, i livelli di inquinamento e la mancanza di luce. Nel contesto dei primi decenni del Novecento il vetro si trova tuttavia ancora inserito in un linguaggio tradizionale, inteso come consolidatosi nella tradizione precedente, che vede il materiale spesso protetto nel rapporto tra i pieni e i vuoti delle facciate, così come dagli sporti e modanature che le caratterizzano.

Si assiste cioè al moltiplicarsi in altezza di forme e dimensioni degli infissi e di sistemi di oscuramento esterni già in uso da decenni. Occorre attendere il decennio successivo e il verificarsi di altri fattori per osservare nuove possibilità progettuali che consentiranno di verificare nuovi limiti

d'impiego della tecnologia del vetro.

Così il perfezionarsi dei sistemi di controventatura e di irrigidimento nelle strutture a telaio, la comparsa di acciai ad alta resistenza, di nuovi sistemi di connessione e di macchine per il movimento a terra e infine l'evoluzione dei sistemi impiantistici aprirono nuovi traguardi.

Da questo scenario le riflessioni maturate in Europa dal Movimento Moderno e diffuse negli Stati Uniti anche ad opera di architetti come Mies van Der Rohe divengono lo spunto per una nuova stagione di edifici, dove il vetro diviene protagonista. La tecnologia del vetro inizia ad affermarsi come autonoma, dal punto di vista dell'evoluzione delle conoscenze ad essa legate e delle tecniche costruttive che il suo uso implica; l'uso del materiale si svincola infatti dalle strutture portanti dell'edificio, da un punto di vista compositivo e strutturale, fatto che determina un rinnovato interesse per la dimensione e modularità delle lastre, in rapporto alle strutture a telaio necessarie a supporto delle stesse in opera.

Si riflette cioè ancora una volta sul tema della trasparenza, derivante dal rapporto tra le caratteristiche del materiale e la dimensione e morfologia delle strutture che lo contengono, in maniera non dissimile da quanto aveva fatto *Joseph Paxton* per il *Crystal Palace*, ma con disponibilità di mezzi molto differenti.

La ricerca di un linguaggio libero dagli orpelli decorativi del periodo precedente si diffonde contestualmente all'aumento del costo delle aree fabbricabili e alla conseguente necessità di contenere i costi della costruzione. La scatola in acciaio e vetro o di acciaio e calcestruzzo diviene il manifesto di un nuovo stile: *l'International Style*.

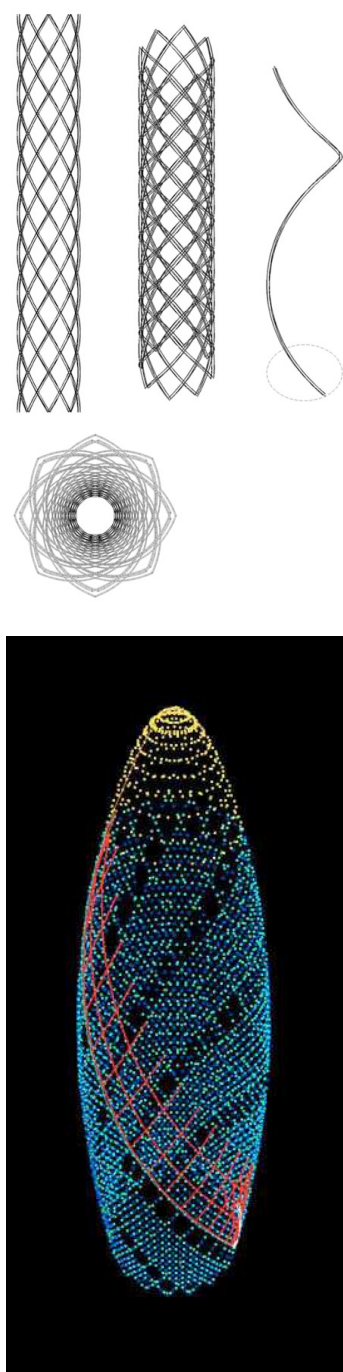
Viene riavviata anche la corsa all'altezza, grazie all'evolversi della tecnica delle costruzioni e agli acciai ad alta resistenza. Esempio in questo contesto l'opera dello studio *Skidmore, Owings & Merrill* al quale si devono i progetti della *Sears Tower* e del *John Hancock Center* di Chicago. decina di anni più tardi dall'esperienza del *Seagram Building*, al volgere degli anni Settanta, la riflessione sui rapidi cambiamenti della città coinvolge ancora una volta l'edificio alto, che nel frattempo era andato modificandosi anche funzionalmente per la compresenza di attività diverse da quelle direzionali, come quelle residenziali o del commercio e dei servizi legati alla residenza. Il grattacielo diviene da quel momento una città nella città.

Il tema del *comfort* degli ambienti interni è in tale contesto il principale tema d'indagine. Gli edifici della generazione precedente avevano evidenziato i limiti derivanti da un impiego diverso dei materiali; in particolare il vetro. Allo stesso tempo centrale diviene il tema del rapporto di scala tra



**Fig. 5.7**  
Burj Khalifa, Dubai, Adrian Smith at SOM, 2010. Altezza oltre 800 metri.





**Fig. 5.8**

(In alto) Esempi di modellazione parametrica. (in basso) modello parametrico per l'analisi fluidodinamica del progetto *St. Mary Axe*, Londra, Foster and Partner, 2000-04. [Fonte: RUSSEL, 2005]

questi giganti e il tessuto urbano circostante.

A tali temi i progettisti rispondono con rinnovate soluzioni d'involucro, riconoscendolo come elemento fondamentale di relazione tra lo spazio interno e quello esterno, sia in termini di *comfort* sia in termini di relazioni con il contesto.

Nel contesto attuale la corsa all'altezza non si è arrestata, anzi, e il vetro continua ad essere un elemento centrale nella tipologia dell'edificio alto. Le principali problematiche legate a questo tipo di progettazione non si sono modificate nel tempo, semmai si impongono, proprio in ragione di altezze sempre maggiori, in misura esponenzialmente più rilevante. Questo testimonia un ulteriore e fondamentale cambiamento che caratterizza il processo progettuale, ovvero la possibilità di riprodurre modelli del reale sempre più affidabili, con il duplice intento di sperimentare i limiti delle tecnologie e giungere alla fase di cantiere con la massima conoscenza disponibile dei problemi relativi alla costruzione.

L'esempio dell'edificio *Swiss Re* progettato dallo studio Foster & Partner mostra tanto l'interesse per nuove soluzioni di tipo strutturale quanto la necessità degli strumenti di simulazione per lo sviluppo e il controllo dell'idea di progetto.

La struttura portante dell'edificio è del tipo *Diagrid*, ovvero è una struttura in acciaio che risparmia materiale, in virtù di una maglia basata sul modulo del triangolo, rispetto a una medesima struttura in acciaio a maglia tradizionale.

I vantaggi di questo tipo d'impianto sono anche legati alla possibilità di avere una pianta e un alzato liberi da elementi strutturali, unitamente a una distribuzione dei carichi più uniforme su tutta la struttura e verso l'attacco a terra.

Questo tipo di scelte progettuali condizionano lo sviluppo del progetto al punto tale da porsi come determinanti della morfologia dell'intero edificio, così come degli elementi di rivestimento che denunciano, come nel caso dell'edificio *30 St Mary Axe* o della *Hearst Tower* progettato dallo stesso studio, l'impianto generale a maglia triangolare.



### 5.1.2 Il rapporto con i produttori nell'industria del vetro

L'evoluzione dell'approccio alla progettazione della tecnologia del vetro continua a subire rinnovati impulsi anche da parte della filiera industriale, in particolare nel secondo dopoguerra. L'industria in quel periodo esplorava le potenzialità del vetro mostrando una notevole attenzione verso le condizioni ambientali nelle quali questo risultava inserito e le caratteristiche di resistenza meccanica delle lastre. Così accanto allo studio del controllo del flusso luminoso e energetico derivante da soluzioni stratificate vennero approfonditi gli studi sulla composizione dei giunti, responsabili della trasmissione dei carichi dalle strutture portanti degli edifici alle lastre stesse.

Così quando Mies van der Rohe realizza il *Seagram building* a New York sono già disponibili sul mercato diverse gamme di materiali distinte, innanzitutto, sulla base del comportamento alla radiazione solare. Come mostrato in figura già in quel periodo la ricerca nella produzione del materiale aveva evidenziato come il comportamento di una singola lastra risultasse determinato da fattori quali:

- lo spessore del materiale;
- l'omogeneità della sua composizione;
- la colorazione della lastra nell'impasto ovvero la presenza di ossidi nella miscela, i quali incidono sul fattore solare complessivo, oltre che sulla resistenza agli agenti atmosferici;
- la presenza di *coating* metallici sulla superficie esterna esposta all'irraggiamento, che in particolare incide sul coefficiente di riflessione globale della lastra;
- l'accoppiamento di più lastre;
- la tipologia dei giunti.

In Europa, fino al volgere degli anni Sessanta e al brevetto *Pilkington* per il vetro *float*, furono in particolare gli studi condotti dalla compagnia *Saint Gobain* a guidare l'innovazione, mentre un perfezionamento degli stessi venne dalla collaborazione contemporaneamente con l'azienda britannica *Pilkington Brothers* e, parallelamente, dalla *Pittsburg Plate Glass Company* (PPG Industries) negli Stati Uniti ad opera.

Se gli studi sulle proprietà ottiche furono per lungo tempo al centro dell'attenzione con l'avvento del vetro *float* trovarono nuovo impulso gli studi sulla resistenza strutturale del materiale e sulle possibilità di formatura delle

PRODUITS et ÉPAISSEURS (mm)		FACTEUR DE TRANSMISSION LUMINEUSE	FACTEUR DE REFLEXION LUMINEUSE	FACTEUR DE TRANSMISSION ENERGETIQUE	FACTEUR DE REFLEXION ENERGETIQUE	FACTEURS SOLAIRES						
						SANS PROTECTION	Store intérieur	Store entre deux vitrages	Store extérieur	Volet extérieur	En écran pare-soleil sans protection devant glace de 6	En écran pare-soleil avec store intérieur
Glace claire	6	0,880	0,08	0,83	0,075	0,86	0,470	0,24	0,14	0,08	0,725	0,425
	8	0,865	0,078	0,80	0,072	0,84	0,465	0,24	0,14	0,08	0,700	0,410
	10	0,850	0,075	0,77	0,070	0,82	0,460	0,24	0,135	0,08	0,680	0,400
« Parsol » bronze	6	0,500	0,055	0,49	0,055	0,64	0,41	0,21	0,12	0,08	0,43	0,23
	8	0,410	0,050	0,40	0,050	0,60	0,39	0,19	0,12	0,07	0,37	0,19
	10	0,330	0,048	0,32	0,048	0,53	0,37	0,18	0,115	0,07	0,34	0,17
« Parsol » vert	6	0,72	0,066	0,47	0,055	0,63	0,40	0,21	0,12	0,08	0,42	0,22
	8	0,66	0,063	0,39	0,050	0,59	0,39	0,19	0,12	0,07	0,36	0,19
	10	0,62	0,060	0,32	0,048	0,53	0,37	0,18	0,115	0,07	0,34	0,17
« Parsol » gris	6	0,44	0,052	0,50	0,055	0,65	0,41	0,22	0,12	0,08	0,44	0,24
	8	0,35	0,048	0,41	0,050	0,60	0,39	0,20	0,12	0,07	0,38	0,20
	10	0,28	0,045	0,33	0,048	0,54	0,38	0,19	0,115	0,07	0,35	0,18
« Polyglass » ordinaire	6+6	0,79	0,142	0,69	0,127	0,73	0,48		0,11	0,06		
	10+8	0,75	0,131	0,65	0,116	0,69	0,46		0,11	0,06		
« Polyglass » « Parsol » bronze	6-6	0,44	0,076	0,40	0,07	0,50	0,35		0,09	0,05		
	8-8	0,35	0,063	0,32	0,062	0,45	0,31		0,08	0,05		
	10-8	0,29	0,057	0,27	0,056	0,40	0,29		0,08	0,05		
« Polyglass » « Parsol » vert	6-6	0,65	0,107	0,39	0,07	0,48	0,34		0,09	0,05		
	8-8	0,57	0,097	0,31	0,062	0,44	0,31		0,08	0,05		
	10-8	0,54	0,09	0,26	0,056	0,38	0,28		0,08	0,05		
« Polyglass » « Parsol » gris	6-6	0,37	0,066	0,41	0,07	0,51	0,36		0,09	0,05		
	8-8	0,30	0,058	0,33	0,062	0,45	0,32		0,08	0,05		
	10-8	0,25	0,052	0,29	0,056	0,41	0,30		0,08	0,05		
« Supertriver » transparent	3-3-3	0,77	0,205	0,68	0,177	0,74	0,49		0,11	0,06		
« Supertriver » filtrant	3,2-3-3	0,53	0,091	0,46	0,087	0,55	0,38		0,10	0,05		
Verre Gris	3,2	0,62	0,06	0,60	0,06	0,71	0,43	0,22	0,13	0,08	0,52	0,30
	6,5	0,42	0,051	0,38	0,049	0,58	0,38	0,19	0,12	0,08	0,37	0,19

Nota : Pour les "Polyglass Parsol", gris, bronze, vert et pour les "Supertriver" filtrants, le produit filtrant est celui cité le premier dans les épaisseurs.

**Fig.5.9** Saint Gobain, Scheda tecnica riassuntiva delle prestazioni, in rapporto a spessore e a fattori di ombreggiamento, di vetri del tipo "filtrantes", anni 1940 e seguenti. A partire dagli anni immediatamente successivi alla Seconda Guerra Mondiale l'industria del vetro immette sul mercato prodotti innovativi, frutto dei più recenti studi di ottica applicata ai materiali.) Da questi primi prodotti derivano poi gli studi sull'impiego di due lastre accoppiate (tipo Polyglass), del tipo di quelle descritte in precedenza o, successivamente, del tipo riflettente (Parelio), ovvero caratterizzate sia dalla presenza di ossidi nell'impasto sia di un sottile rivestimento metallico esterno, applicato a caldo, così da conferire stabilità nel tempo.

[Fonte: Archivio privato della compagnia Saint Gobain, Blois, Francia].

lastre.

Così i prodotti innovativi dei quali il padiglione per l'*Exposition Universelle* di Parigi del 1937 fu la rappresentazione trovano nella seconda metà del Novecento inedite possibilità di sviluppo e applicazione in architettura.

### 5.1.3 La resistenza meccanica del vetro

Il vetro prodotto dall'industria attuale possiede caratteristiche positive quali:

- l'ottima stabilità chimica, da cui deriva la caratteristica durabilità;
- una buona stabilità termica;
- un'ottima stabilità meccanica;
- l'isolamento termico;
- l'isolamento elettrico;
- buona resistenza meccanica.

A queste caratteristiche si associano i limiti del materiale derivanti in particolare da:

- la sua fragilità;
- una modesta resistenza a trazione, se paragonata a quella a compressione;
- la scarsa resistenza agli incendi.

L'insieme di questi fattori risulta inoltre estremamente variabile in relazione alle condizioni d'impiego del materiale, che dunque devono essere attentamente considerate in fase di progetto. I fattori che incidono sul comportamento meccanico del vetro sono:

- la sensibilità alla concentrazione delle tensioni (assenza di adattamento plastico);
- la sensibilità alla presenza di difetti;
- sensibilità ai carichi rispetto alla geometria, allo spessore e alla dimensione delle lastre;
- sensibilità alla durata dei carichi (fatica statica).

In generale è possibile affermare che il vetro oggi prodotto e disponibile per il mercato delle costruzioni è un materiale affidabile dal punto di vista della



**Fig. 5.10**

Il Padiglione della *Compagnie de Saint Gobain*, Esposizione Universale di Parigi, 1937. [HAMMON, 1998].

I saperi del tempo e i progressi nella produzione: vetro temprato per la scalinata d'accesso e curvatura delle lastre che componevano la facciata, realizzate secondo un metodo brevettato dalla compagnia stessa (*brevets Saint-Gobain – Verlay*<sup>(5)</sup>).

All'interno l'insieme delle strutture realizzate mostrava altri prodotti commercializzati dalla compagnia, in particolare i mattoni in vetro-cemento (*briques de verre*) disponibili, anche nei decenni successivi, in moltissime varietà.

**Fig. 5.11**

Esempi di applicazione del vetro con funzione strutturale nell'architettura contemporanea: *Grande Piramide du Louvre*, Pei, Cobb Freed & Partner, Parigi, 1983-89.

[Fonte: l'autore, 2011]



resistenza meccanica limitatamente al controllo sulle condizioni di lavorazione e messa in opera che è possibile prevedere in fase di progetto e gestire in fase di cantiere, nonché alla collaborazione che è possibile instaurare con i produttori e con chi si occupa dell'ingegneria della tecnologia.

Il controllo a cui si fa riferimento riguarda non tanto la qualità del materiale, garantita dal produttore, ma delle variabili di progetto che possono influenzare il comportamento del materiale stesso. Sono tali, al di là dei rapporti di forma già citati, caratteristiche geometriche diverse da quelle garantite dal produttore (lavorazioni specifiche fig. vetro formato) e condizioni di ancoraggio e fissaggio che insieme determinano un numero elevato di operazioni di taglio e incisione delle lastre, responsabili di possibili lesioni e successive fratture.

### **Il vetro strutturale**

Migliori caratteristiche di resistenza meccanica sono ottenibili con processi di produzione specifici, quali quello della tempra (o tempera) chimica che consiste, qualitativamente, nel brusco raffreddamento del materiale dopo averlo portato ad alta temperatura.

Questo processo è successivo a quello dell'ottenimento delle lastre, per cui ogni pezzo dovranno essere condotte prima del processo di tempra le operazioni di tagliato e le lavorazioni di levigatura degli spigoli o foratura e svasatura.

**Fig. 5.12**

Esempi di applicazione del vetro con funzione strutturale nell'architettura contemporanea: *Sackler Galleries*, Royal Academy of Arts, Londra, Foster and Partner, 1985-91; ampliamento al *Victoria & Albert Museum*, Londra, MUMA, 2009. [Fonte: l'autore, 2010]

Questo procedimento possiede alcuni vantaggi quali il conseguimento di:

- maggiore resistenza meccanica;
- maggiore resistenza agli urti e agli shock termici;
- minor influenza della fatica statica.

Allo stesso tempo alcuni svantaggi:

- scarsa resistenza post rottura;
- possibili rotture spontaneo dovute alla presenza di Solfuro di Nichel (NiS) derivante dal processo produttivo;
- possibili fenomeni di auto-fatica;
- maggiori criticità nel caso di spessori piccoli e curvatura delle lastre.

### **Vetro temprato e vetro stratificato**

Un ulteriore fattore che influenza la resistenza del vetro è la possibilità di ottenere vetri stratificati, ovvero composti da più lastre, almeno due, saldate su tutta la superficie durante il processo di produzione e per mezzo di pellicole di PVB, in policarbonato o acrilico.

Nonostante la tipologia del vetro laminato sia ottenuta anche con vetri *float*

che non hanno subito un processo di tempra, il vetro impiegato con funzione strutturale o di sicurezza è sempre un vetro temprato.

Il vetro laminato viene infatti impiegato per esigenze di:

- maggiore sicurezza in caso di rottura;
- controllo solare;
- protezione dal rumore;
- possibilità di lavorazioni superficiali.

## 5.2 Il progetto del vetro strutturale

### 5.2.1 Il contributo di Peter Rice

Nell'ambito della diffusione del vetro con impieghi strutturali in architettura è centrale la figura di *Peter Rice*. In qualità di ingegnere strutturista partecipa infatti ad alcuni dei progetti più rappresentativi del XX secolo, tra cui la *Piramide du Louvre* e le *Serre* nell'ambito del progetto della *Cité des Sciences et de l'Industrie* a Parigi, dove lavora a fianco di *Hugh Dutton*.

Quest'ultimo così si esprime, nella dedica alla seconda edizione del testo *Structural glass*, a proposito degli obiettivi di ricerca che avevano da sempre guidato il gruppo di lavoro di Rice:

*"[...] the object of engineering and technical innovation in building should follow the specific architectural aspirations of each project"*<sup>(6)</sup>.

Il progetto delle *Serre* all'interno del nuovo parco-museo aveva offerto l'opportunità, in virtù delle caratteristiche stesse del sito, di focalizzare l'attenzione sul rapporto tra lo spazio esterno e quello interno, tra il parco e il museo, tra la scienza e la natura. Questo suggerì da subito di concepire il fronte verso la città come impermeabile, dunque il più possibile opaco, mentre quello verso il parco il più possibile permeabile, ovvero trasparente.

Questa scelta si confrontò immediatamente con un'esposizione a sud della facciata non favorevole, in particolare in ragione di eccessivi guadagni termici. La scelta ricadde pertanto sulla tipologia della *green-house* che consentì di realizzare uno spazio filtro dove sfruttare l'energia solare guadagnata per integrare la vegetazione all'interno del museo. Il diaframma



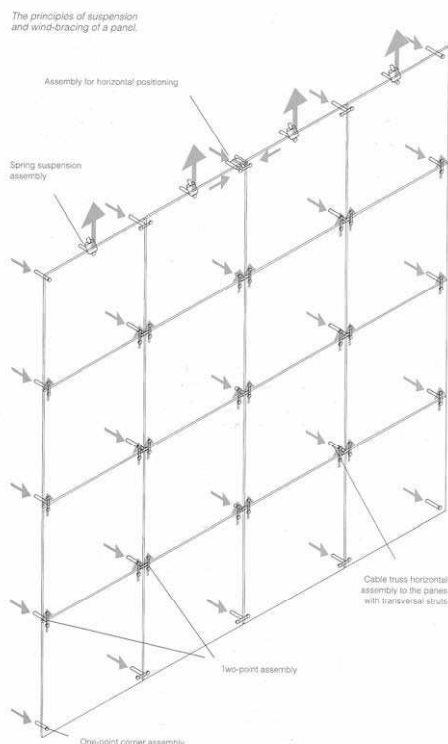
vetrato divenne pertanto elemento centrale di studio in quanto interfaccia tra spazi pubblici di diversa natura, così come l'uso della minor quantità possibile di materiale e il perseguimento di un'immagine di leggerezza.

Lo stesso bando di concorso aveva del resto richiesto ai partecipanti una riflessione sui temi della luce, dell'acqua e dell'energia solare.

La complessità di lavoro che richiese il progetto, alle diverse scale, è ben evidenziata dalla cultura tecnica e progettuale dei membri del team di progetto; al fianco di Peter Rice, che aveva da poco terminato il proprio rapporto con Renzo Piano, lavorarono professionisti quali l'ingegnere Henry Bardsley, che aveva condiviso con Rice l'esperienza presso la Ove Arup di Londra, e Hugh Dutton, giovane architetto della *Architectural Association School of London*.

**Fig. 5.13**

Progetto del sistema strutturale e vista esterna del progetto delle *Serre*, Parc La Villette, Parigi, Peter Rice Peter e Hugh Dutton, 1986. [RICE, DUTTON, 1995].



### 5.2.2 Il tema della trasparenza nel progetto delle Serre

Il primo punto sul quale o i progettisti concentrarono l'attenzione fu il tema della trasparenza. Al momento del progetto diversi importanti passaggi verso l'attuale idea di trasparenza erano già stati fatti. Era ormai evidente come a percezione visiva della trasparenza fosse il risultato di diversi fattori:

- la nitidezza dell'immagine percepita dall'osservatore, che si trova a guardare per mezzo di un *filtro* interposto tra il punto di vista e l'oggetto dell'osservazione;
- le caratteristiche materiche del *filtro*, dunque anche il rapporto tra il vetro e la struttura portante;
- le condizioni ambientali esterne.

Nel caso del vetro ciò aveva significato, sino ad allora, innanzitutto il rapporto tra la dimensione delle lastre di vetro e la dimensione e natura dei telai di supporto alle stesse. Oltre a questo, fondamentale risultavano la purezza della massa e delle superfici e l'eventuale presenza di lavorazioni superficiali e di colorazioni nell'impasto.

Il presupposto della ricerca progettuale non era dissimile da quello che aveva guidato Joseph Paxton nel progetto per il *Crystal Palace*, ma in quel contesto al vetro non era affidata alcuna funzione strutturale. Questo pose al tempo non pochi limiti nella dimensione degli elementi e nei sistemi di posa realizzabili.

Come luogo di transizione tra il parco e il museo le Serre sono state concepite affinché il visitatore non percepisca di essere né all'interno né all'esterno dell'edificio, ma contemporaneamente in entrambi. La vista dall'esterno all'interno è stata innanzitutto privilegiata ed è prevalsa la scelta di posizionare i sistemi strutturali a sostegno delle facciate all'interno e non all'esterno di esse. Del resto se ciò contribuisce a leggere l'insieme di lastre senza soluzione di continuità, all'interno non impedisce di percepire la trasparenza delle stesse poiché il contrasto tra l'opacità delle strutture verticali e la trasparenza del materiale determina, in ragione della direzione dei raggi luminosi, una chiara visione dello spazio esterno.

### 5.2.3 Il processo progettuale

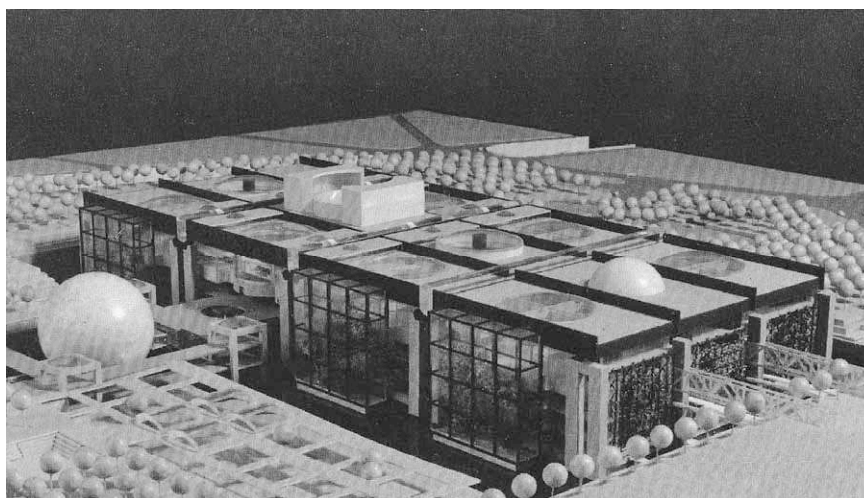
Nella descrizione del progetto si legge:

*“Three concepts –process, predictability and hierarchy- are the key conceptual bases for the suspended facades [...]”<sup>(7)</sup>.*

In modo simile a quanto avviene nell'industria automobilistica e meccanica in generale, il processo progettuale seguì tappe tese a individuare i gradi di fattibilità dell'opera, derivanti, in particolare, dal rapporto tra lo studio statico e strutturale delle Serre e le possibilità offerte dal mercato dei prodotti impiegati. Le diverse ipotesi vennero parallelamente indagate dal punto di vista strutturale e compositivo.

*“[...] the design process is a combination of research, information, current practice, experience and application of aesthetic objectives [...]”<sup>(8)</sup>*

Tale approccio fu reso possibile grazie alla conoscenza approfondita delle caratteristiche fisiche e strutturali del vetro, al calcolo e alla verifica costante di ogni parte del sistema strutturale adottato, alla previsione dei limiti di resistenza del materiale in relazione alle sollecitazioni alle quali è sottoposto. Questo modo di procedere è di fatto applicabile a qualsiasi tipo di progetto e tecnologia ma risulta indispensabile in presenza di un materiale quale il vetro.



**Fig. 5.14**  
Plastico di studio per il progetto delle Serre, Parc La Villette, Parigi, Peter Rice Peter e Hugh Dutton, 1986. [RICE, DUTTON, 1995].

A differenza dell'acciaio, del legno o del cemento infatti il vetro ha un comportamento fragile a rottura; ciò significa che la sola presenza di piccole fessure o imperfezioni è determinante nella propagazione di rotture nella lastra. Allo stesso modo il vetro non è tollerante come altri materiali a alti livelli di tensioni locali dovuti, ad esempio, a discontinuità dei supporti, da cui discende il ruolo primario svolto dai giunti.

Per contrastare tale fragilità del materiale l'industria rendeva disponibile, già in quel momento, particolari tipi di lastre quali quelle ottenute mediante tempra e laminazione. Tuttavia i sistemi di fissaggio disponibili non soddisfacevano i progettisti e si procedette dunque allo studio di un nuovo sistema di fissaggio delle lastre.

Il rapporto con l'industria si dimostrò fondamentale nella determinazione della dimensione massima di produzione delle lastre che potesse relazionarsi con il sistema di ancoraggio e i carichi della struttura, così come per le prove sperimentali che precedettero il cantiere.

### **5.3 Prefabbricazione e tecnologie a secco: la gestione del ciclo di vita del costruito**

La tecnologia del vetro che si sviluppa a partire dalle prime fasi di industrializzazione edilizia e a partire da i primi decenni del Novecento si inserisce nel processo di diffusione dei sistemi prefabbricati e dei sistemi stratificati a secco o misti. La prefabbricazione nelle costruzioni non è una novità né al momento della Rivoluzione Industriale né al momento del volgere del XX secolo, quando si attuano quei cambiamenti nell'organizzazione della filiera di cui si è trattato nel capitolo secondo.

La produzione di elementi prefabbricati e quindi trasformati prima della posa avviene già nei tipi edilizi più antichi; sono pochi infatti i casi in cui, come nelle costruzioni in pietra a secco, elementi di forma e dimensioni diverse e disponibili per la natura del luogo venivano assemblati per realizzare edifici.

La prefabbricazione a cui si fa qui riferimento riguarda invece quell'insieme di cambiamenti che coinvolgono l'industria, il progetto e il cantiere delle costruzioni nel momento in cui si diffonde "la fabbricazione industriale fuori opera di parti delle costruzioni [...] atte ad essere utilizzate mediante prevalenti azioni di montaggio".<sup>(9)</sup>

L'industria del vetro affronta questi temi nel momento stesso in cui

sostituisce il lavoro dell'uomo con il lavoro delle macchine. Pur costituendo questo passaggio solo un primo fattore di cambiamento nell'intero ciclo di produzione degli edifici esso risulta condizione indispensabile all'emergere di temi quali: la standardizzazione di materiali e componenti, il controllo degli scarti di produzione, dei tempi di produzione anche in cantiere, della gestione delle operazioni di montaggio e del controllo della precisione in fase di esecuzione.

Temi questi che affiorano nei primi decenni del Novecento, ma che costituiscono poi un acceso dibattito negli anni Settanta dello stesso secolo e risultano ancora oggi oggetto di ricerca.

### 5.3.1 La produzione fuori opera

Il vetro non è un materiale *locale*. Se nell'antichità la sua produzione era legata in particolare a alcuni luoghi e a processi di tipo artigianale, dall'inizio del Novecento la diffusione di questa tecnologia diviene *globale*, intendendo ovviamente con questo una espansione del mercato prima nei paesi europei e nel Nord America, e oggi caratterizzata in particolare dalla presenza dei cosiddetti paesi definiti *the BRICs* o *the BRIC economies*<sup>(10)</sup>. Questo sia in termini di produzione e lavorazione sia di impiego.

Questi fattori hanno determinato atteggiamenti controversi nei confronti di questa tecnologia. Da un lato la percezione della "costruzione di edifici decontestualizzati e dunque scarsamente efficienti dal punto di vista delle caratteristiche del contesto"<sup>(11)</sup>, dall'altro un sempre maggiore impiego del vetro in aree dalle differenti caratteristiche culturali e climatiche. Progetti come l'*Ankorage Museum* se paragonati al *Burj Khalifa* o al *Petronas Tower* mostrano la grande flessibilità d'impiego che l'innovazione della filiera produttiva e il progetto d'architettura oggi consentono.

Tale flessibilità è anche il risultato di cicli produttivi estremamente costosi, sia dal punto di vista delle risorse ambientali e energetiche, sia dal punto di vista delle materie prime impiegate. L'industria del vetro afferisce al settore dell'industria chimica e è responsabile, come tale, di importanti carichi ambientali, che sono tuttavia un fattore decisivo nell'ambito di politiche industriali globali, più che del progetto di architettura.

Nell'ambito della progettazione le prime ricadute di questo stato di cose sono infatti apprezzabili in termini di costi. Il vetro è un materiale più costoso di altri dal punto di vista del prezzo d'acquisto, fatto non trascurabile in nessun progetto che valuti alternative tecnologiche per raggiungere i medesimi standard dal punto di vista prestazionale. A un elevato costo iniziale corrispondono, tuttavia, diversi vantaggi, dalle fasi di produzione fuori opera, al

cantiere alla gestione in uso, che possono favorire la tecnologia in oggetto rispetto ad altre, nei termini della Valutazione del Ciclo di Vita di un manufatto edilizio secondo il metodo del *Life Cycle Assessment (LCA)*.

“Occorre infatti uscire dall'ambiguità che l'innovazione tecnologica e i materiali innovativi siano portatori di impatti sull'ambiente e che l'uso di tecnologie e materiali tradizionali sia di per sé garanzia di riduzione degli impatti ambientali”<sup>(12)</sup>. Si rende dunque necessaria, in un'ottica in cui all'attuale progetto di architettura in particolare alla scala internazionale è richiesto di manifestare soluzioni possibili in rapporto a questi temi, una valutazione sul singolo caso, sia parametrica sia quantitativa rispetto a soluzioni alternative.

La tecnologia del vetro è, essenzialmente, una tecnologia a secco, in cui le fasi di trasformazione del materiale avvengono, in senso stretto, prima delle operazioni di cantiere.

Sia che esse vengano affidate ad un unico produttore, come i più noti già citati, sia che si presentino come il risultato di passaggi intermedi tra il produttore del materiale e un trasformatore successivo, il vetro giunge in cantiere nella forma e nelle dimensioni richieste, avendo già subito le ultime fasi di lavorazione quali il taglio e la molatura.

Questo processo ha due conseguenze positive, se analizzate in riferimento alle odierne necessità dell'industria delle costruzioni.

Innanzitutto il controllo sugli scarti di produzione avviene, definitivamente, in fabbrica, in un ambiente cioè più affidabile, rispetto al cantiere tradizionale, poiché estremamente attento alla gestione dei rifiuti e degli sprechi, visti i costi che ne derivano. In secondo luogo, una volta giunto in cantiere, il vetro non produce rifiuti, che andrebbero adeguatamente separati e trattati. Le operazioni che dunque caratterizzano la fase di cantiere sono, essenzialmente, di montaggio.

Infatti, nonostante il vetro consenta metodi di posa anche mediante collanti, più diffusi sono i metodi di assemblaggio a secco, dove sono assenti operazioni di incollaggio a caldo, che sono più delicate dal punto di vista del controllo della salute e sicurezza degli ambienti di lavoro.



### 5.3.2 Il trasporto

Nonostante il carattere *globale* del materiale vetro dal punto di vista della distribuzione territoriale dei rispettivi luoghi di produzione e trasformazione, solo sul territorio italiano sono presenti oltre 400 unità produttive, mentre complessivamente in Europa circa 1200, considerando unicamente paesi quali Spagna, Francia, Germania e Regno Unito<sup>(13)</sup>.

È dunque possibile dunque reperire il materiale con facilità anche sul territorio italiano dove il rapporto con materiali tradizionali si pone comunque come un freno alla diffusione della tecnologia del vetro. Se si considerano infatti gli stabilimenti per la produzione di prodotti in laterizio o in pietra si verifica rispettivamente la presenza di circa 1100 stabilimenti per la produzione di ceramica e clinker e di circa 1500 per prodotti in pietra.

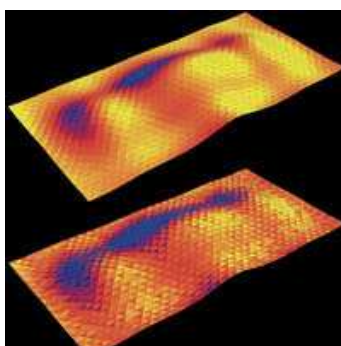
Tale disponibilità dovrà essere valutata, in fase di progetto, in rapporto alle infrastrutture di trasporto disponibili (che hanno caratteristiche e costi differenti a seconda dei Paesi in cui si sta operando) e in relazione alle caratteristiche morfologiche e meccaniche del materiale.

Dal punto di vista delle prime il vetro è un materiale che può presentarsi in forma modulare, sia in lastre sia in profili e elementi stampati, in dimensioni che il progettista può, di volta in volta, scegliere, fino al limite della capacità produttiva. Tali aspetti possono avere vantaggi e svantaggi, in termini di trasporto, a seconda delle dimensioni e dei mezzi in grado di raggiungere l'area di cantiere.

Considerando invece le caratteristiche meccaniche del materiale, e in particolare la sua fragilità, le operazioni di trasporto, movimentazione e stoccaggio sono più delicate rispetto ad altri materiali.

Sino all'arrivo in cantiere è il responsabile della fornitura che si fa carico di eventuali danni i quali, ad ogni modo, saranno considerati nel costo della fornitura stessa e in relazione ai *rischi* che l'azienda avrà valutato corrispondere rapporto al caso specifico. Dunque è comunque un costo del cantiere.

Nelle fasi di produzione e di messa in opera del manufatto invece, tali oneri saranno di competenza di chi gestisce l'insieme delle operazioni di cantiere.



**Fig. 5.15**

Produzione dei moduli in vetro e dettaglio della copertura dello *Smithsonian Institute*, Washington, Foster and Partner, 2004-2007.

[Fonte: SCHITTICH, 2003]

Studio dell'irraggiamento solare in rapporto alla morfologia della copertura.

[Fonte: [www.architectureweek.com](http://www.architectureweek.com)]

### 5.3.3 Il cantiere

In quanto lavorazione a secco l'impiego della tecnologia del vetro consente:

- la riduzione del consumo di acqua nelle lavorazioni di cantiere;
- la riduzione dell'immissione di sostanze inquinanti nel sottosuolo;
- una minore esposizione al rischio di sostanze tossiche per l'uomo, derivante dall'assenza di operazioni di verniciatura, incollaggio o operazioni di sfrido;
- un migliorare il controllo dei tempi di esecuzione.

A tutto questo si possono sommare tuttavia costi aggiuntivi relativi all'assistenza, in fase di cantiere, di personale specializzato e dedicato alla supervisione di delicate fasi realizzative. A ciò si aggiunge la possibilità di ricorrere a soluzioni di tipo prefabbricato, che possono incidere positivamente sui tempi e le operazioni di cantiere, anche se talvolta a discapito della caratteristica unicità dell'oggetto architettonico.

Tuttavia il già citato caso dello studio *Gatermann + Schossig* evidenzia come anche il tema della prefabbricazione possa costituire un'opportunità di sperimentazione per il progetto.

Nel caso del loro progetto di componenti modulari e specializzati per la realizzazione d'involucri vetrati emerge come anche il progetto di un singolo edificio possa diventare l'occasione di una produzione standardizzata inedita, purché condotta, ancora una volta, in rapporto alle capacità del produttore.

La convenienza o meno di operazioni di questo tipo è legata in particolare alla dimensione dell'intervento o la sua possibilità di replicare l'applicazione del componente in ulteriori progetti, come nel caso dello studio *Gatermann + Schossig*, secondo il principio delle economie di scala.

### 5.3.4 Durata di edifici e componenti

L'impiego della tecnologia del vetro permette, in fase di progetto, considerazioni circa la capacità di materiali e componenti di mantenere inalterate le prestazioni nel tempo. "Molti materiali di sintesi chimica hanno notevoli vantaggi dal punto di vista prestazionale, mentre molti materiali naturali o tradizionali possono essere caratterizzati da decadimento delle prestazioni in uso e facile deperibilità"<sup>(14)</sup>.

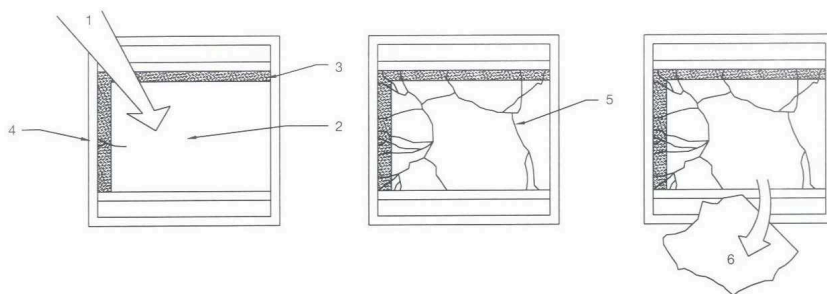
Nel caso di un diffuso impiego del vetro infatti, non è tanto il tema della

durabilità intrinseca del materiale a costituire un fattore determinante i costi della gestione in uso quanto il costo di sistemi integrati nei pacchetti, spesso complessi, e le operazioni di manutenzione ordinaria necessarie al mantenimento delle prestazioni del materiale nel tempo.



**Fig. 5.16**

CNA Building, Chicago, Graham, Anderson, Probst & White, 1972.  
Studio delle fratture per progressivo stress termico.  
[Fonte: LOUGHRAN, 2003]



### 5.3.5 Il progetto

L'insieme di questi fattori determina un aumento della complessità progettuale.

Innanzitutto si pone la necessità di coordinare parti della costruzione di diversa provenienza produttiva; la comprensione delle caratteristiche di tali prodotti diventa indispensabile per la verifica della reciproca compatibilità. Questo tipo di conoscenza tende così a spostare gran parte delle fasi decisionali a monte del cantiere, nella fase di progetto appunto, lasciando al momento della costruzione la verifica dell'esattezza dei procedimenti di montaggio e il controllo dei tempi di realizzazione.

La prefabbricazione in edilizia consente infatti di ridurre sempre di più i tempi di realizzazione dell'opera. Questo a patto che la fase di programmazione della stessa si dimostri il più accurata possibile. Il costo delle modifiche in corso d'opera risulta infatti più oneroso rispetto a un cantiere tradizionale. Questo dipende dal fatto che quest'ultimo consente, per natura stessa delle operazioni che lo caratterizzano, tempi ampi di produzione che permettono un margine di modifiche in opera, il quale non incide sui tempi generali del cantiere.

In molti processi costruttivi che si sviluppano nel XX secolo questo fatto non è talvolta nemmeno contemplato. Quando Mies progetta il *Seagram Building* la costruzione dell'edificio inizia, nelle parti delle strutture di fondazione e portanti, prima ancora che siano completati i dettagli esecutivi delle facciate. Viene infatti ricordata come uno dei primi esempi di *fast-track construction*<sup>(15)</sup>, metodologia che consente ben poche varianti in corso d'opera e dunque un'accuratezza e verifica delle fasi progettuali modificate.

Tra gli anni Settanta e Ottanta il tema dell'industrializzazione edilizia diviene centrale in molti paesi europei. Così anche in Italia si avviano insegnamenti specifici presso le università mentre il Consiglio Nazionale delle Ricerche svolge studi approfonditi in materia. Ne scaturisce, tra l'altro, una definizione di "industrializzazione dell'edilizia intesa come modo di concepire la produzione del bene edilizio in termini di processo di progettazione, produzione e utenza, cioè come conseguenza di momenti operativi, organizzativi e gestionali, coerenti e coordinati in vista dell'ottimizzazione dei risultati conseguibili con determinate risorse e condizioni contestuali"<sup>(16)</sup>.

Il mezzo per il raggiungimento di tale obiettivo, in quanto è in questi termini che si pone il dibattito, è il metodo di produzione industriale. Caratteristiche di tale metodo venivano così descritte dal *Centre Scientifique et Technique de la Construction di Bruxelles*: la qualità del prodotto; la complessità del prodotto; la producibilità in serie del prodotto; il grado di automazione del

processo di produzione<sup>(17)</sup>.

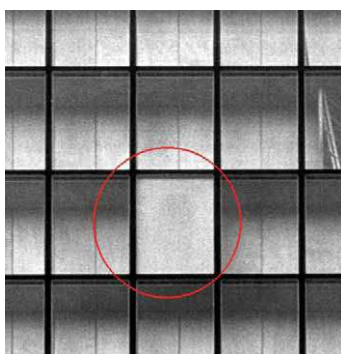
Il primo punto rimanda in particolare alla necessità di controllare gli aspetti qualitativi della produzione in un momento storico in cui la quantità diveniva l'aspetto predominante del processo, e di fatto anche un nuovo motore dell'innovazione. Tale qualità infatti se non ben gestita conduceva, già era evidente, a uno scostamento tra le caratteristiche dei prodotti e le esigenze dell'utenza: scostamento appunto definito come perdita complessiva della qualità del prodotto.

Il tema della complessità si riferisce poi a una caratteristica nuova e riconosciuta essenziale ai prodotti e componenti del sistema edilizio. La produzione fuori opera e i temi della compatibilità tra parti di cui prima si accennava determinano un ulteriore grado di complessità nel sistema costruttivo. Ogni elemento dovrà da quel momento in poi relazionarsi ad altri, prodotti in luoghi e con modalità diverse, al fine di assicurare come parte di un tutto le prestazioni richieste. Tutto questo in maniera programmata e controllabile nel tempo.

Così produzione in serie e automazione del processo divengono i mezzi attraverso i quali attuare tali obiettivi.

Tra le condizioni al contorno necessarie perché tutto ciò si verifichi vi è la presenza di una struttura decisionale fortemente organizzata, in particolare nella fasi del progetto.

L'uso del vetro come materiale o come parte di componenti del sistema rientra inoltre in un più specifico dibattito sulla prefabbricazione a pannelli nell'edilizia residenziale o terziaria. Questi ambiti di applicazione posero innanzitutto questioni, soprattutto se in presenza di tecnologie miste come il calcestruzzo armato, relative alla durabilità dei materiali. Gli infissi sia in legno sia in acciaio zincato posti in continuità con i sali derivanti dalla produzione di elementi prefabbricati in calcestruzzo presentarono rapidi fenomeni di degrado dei telai, relativamente non solo all'aspetto ma alle prestazioni nel complesso<sup>(18)</sup>.



**Fig. 5.17**

Fenomeni di condensa nell'involucro vetrato della Biblioteca Nazionale di Francia in corrispondenza del mancato funzionamento del sistema elettronico per l'analisi delle condizioni microambientali. Progetto Dominique Perrault, 1996.

[Fonte: LOUGHRAN, 2003]

## 5.4 L'integrazione dei sistemi impiantistici

Con la diffusione delle strutture a telaio e di sistemi di involucro più leggeri le qualità termiche delle più antiche e massive costruzioni andarono perse e questa funzione fu rimpiazzata da sistemi meccanici di riscaldamento e raffrescamento.

L'invenzione del camino a gas (*gas mantel*) e delle lampade prima incandescenti poi fluorescenti permise lo sviluppo degli edifici in profondità. Questi dispositivi si sostituirono alle finestre, ai lucernai e alle ampie vetrate come fonti primarie di illuminazione la quale non era più, a differenza del passato, strettamente dipendente dalla prossimità all'involucro esterno<sup>(19)</sup>. Se infatti la vicinanza alle facciate esterne dell'edificio continuava a costituire un fattore determinante per il valore di mercato delle superfici interne<sup>(20)</sup>, in particolare negli edifici terziari, in quanto le parti dell'involucro esterno sono le sole a garantire l'ingresso della luce naturale, questo fatto non costituiva più un limite dal punto di vista progettuale.

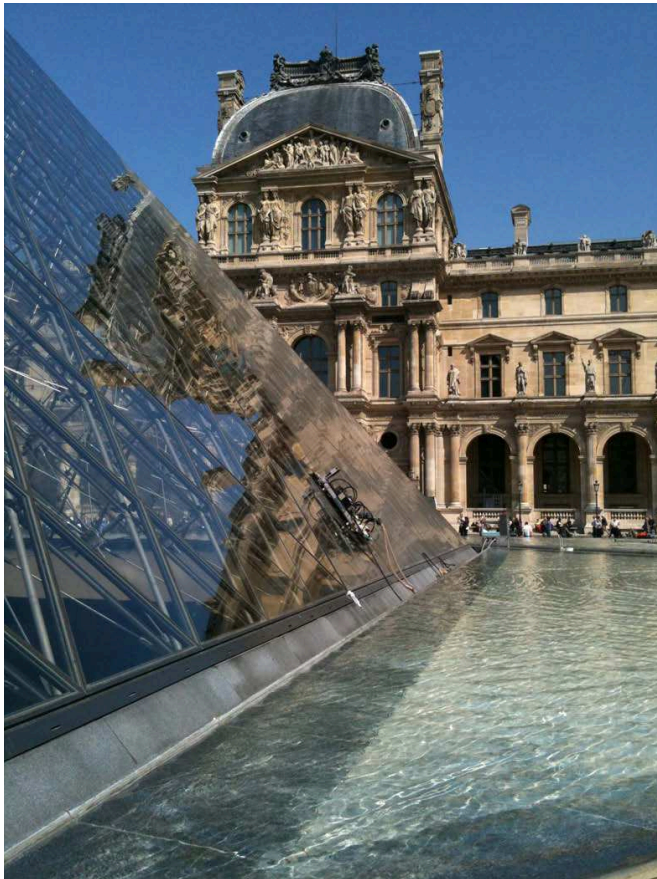
Con la diffusione degli impianti di illuminazione artificiale e, contestualmente, dei sistemi per il ricambio forzato dell'aria, cambiò non solo la forma degli edifici ma anche la distribuzione delle attività durante l'arco della giornata. Gli edifici assunsero un ruolo nella città tanto durante le ore diurne quanto in quelle notturne.

Gli infissi apribili (*operable windows*) non furono, per un certo periodo, più necessari e questo determinò il diffondersi di un atteggiamento diverso verso i temi del progetto caratterizzato, secondo alcuni, da una generale inerzia. Si diffusero negli edifici gli involucri esterni sigillati (*sealed curtain wall*), i quali divennero uno degli elementi rappresentativi dell'*International Style*.

Il costo e la disponibilità di energia in quel periodo non costituivano un limite e allo stesso modo non si percepivano le conseguenze di questo tipo di progettazione sul benessere degli spazi interni. Tuttavia dopo una prima generazione di edifici, quando ancora era lontana la prima crisi energetica, iniziò a svilupparsi un'attenzione diversa proprio in riferimento ai problemi del comfort interno degli edifici.

L'industria del vetro svolse in tal senso un ruolo primario. Il materiale si trovò inserito, nella composizione delle facciate degli edifici, in morfologie assai differenti da quelle passate, fatto che mise in luce i limiti della tecnologia del vetro in quel periodo. Non più elemento in relazione ad altri sistemi e



**Fig. 5.18**

Operazioni di manutenzione ordinaria alla *Grande Pyramide du Louvre*. Impiego dell'acqua dalle vasche in prossimità della struttura.

[Fonte: l'autore, 2011]

componenti che spesso ne costituivano la necessaria protezione, ma unico materiale a realizzare l'interfaccia con l'ambiente esterno.

I fenomeni dell'abbagliamento e del surriscaldamento degli spazi interni divengono, in tale contesto, i nuovi limiti progettuali e le nuove frontiere nella ricerca industriale.

Il *Seagram Building* progettato da Mies Van Der Rohe nel 1958 rappresenta, ancora una volta, l'estremo nella progettazione "non-climatica" di edifici per uffici. Utilizzando completamente il controllo artificiale dell'ambiente interno, l'edificio poté divenire più profondo degli edifici del passato. Il centro dell'edificio è a 70 piedi di distanza dalla più vicina finestra, quattro volte maggiore del *Wainwright building* progettato da Louis Sullivan o del *Larkin building* di F. L. Wright.

Non ponendosi la necessità di illuminare e ventilare naturalmente tutte le parti dell'edificio anche la morfologia interna dei vani si modifica: i soffitti vennero così abbassati per ospitare gli impianti meccanici, condizione favorevole alla diminuzione del volume netto che doveva essere riscaldato o raffrescato.

Il *Wainwright Building* progettato da Louis Sullivan e realizzato nel 1891 è un esempio spesso portato, al contrario, di edificio concepito e realizzato, una generazione prima, in adattamento climatico alle condizioni del luogo. Pensato similmente a un edificio per uffici contemporaneo, la pianta è conformata per favorire l'illuminazione naturale e la ventilazione, così come l'involucro esterno è dotato di numerosi infissi apribili. Alti soffitti facilitano la circolazione e la distribuzione della ventilazione. La forma ad "U" rappresenta il mezzo per aumentare la superficie esterna e assicurare un maggiore guadagno termico<sup>(21)</sup>.

Il *Larkin Building* di Frank Lloyd Wright del 1904 è infine una situazione intermedia tra le due concezioni. In risposta all'inquinamento della vicina ferrovia, fu realizzato quello che viene considerato uno dei primi "sealed" buildings, il quale impiegava vapore acqueo e sistemi di filtraggio per garantire il condizionamento dell'aria.

Il tema dell'integrazione impiantistica in edifici che impiegano largamente la tecnologia del vetro è di particolare importanza per due fattori. Il primo attiene, come visto in precedenza, all'impiego che del vetro si è fatto, e talvolta ancora si fa, in specifiche tipologie di edifici, a torre o in linea con uso prevalentemente terziario.

In questi contesti proprio la presenza di ampie superfici vetrate, elementi di grande guadagno termico in estate e di altrettanta dispersione nei periodi invernali, ha fatto emergere riflessioni sui costi derivanti dalla dipendenza esclusiva delle attività antropiche dai sistemi impiantistici. Ad essi è infatti richiesto di sopperire alle eccedenze di carichi termici non controllati. Ne conseguono investimenti in risorse economiche che potrebbero diversamente essere gestiti.

D'altro canto la presenza stessa di tali strutture vetrate costituisce un onere nei costi di gestione, in relazione alle necessarie operazioni di manutenzione ordinaria richieste per mantenere in efficienza le strutture.

Le modalità con le quali tali operazioni si attuano costituisce un quesito che è necessario risolvere in fase di progettazione, al fine di coniugare le istanze morfologiche del progetto con le sovrastrutture che spesso è indispensabile integrare alle parti di edificio dove il vetro è presente.

Nel contesto attuale, caratterizzato da un rinnovato interesse per il contenimento dei consumi energetici degli edifici, il vetro è oggetto di sempre maggiori riflessioni. Questo sia in riferimento al materiale, l'unico oggi a garantire condizioni di illuminazione naturale variabili in maniera programmata<sup>(22)</sup>, sia in riferimento ai sistemi nei quali è inserito. La volontà di ricercare nuove soluzioni progettuali che valorizzino le condizioni ambientali del

luogo, soleggiamento, ventilazione e temperatura ad esempio, spinge i progettisti a sofisticate soluzioni. Talvolta queste richiedono l'azione partecipata degli utenti, mentre in altri casi la escludono completamente affidando a sistemi elettronici integrati e gestiti in remoto il compito di mantenere in efficienza le prestazioni delle strutture.

Si introduce comunque in entrambi i casi un nuovo elemento di complessità: l'utente. Ad esso si richiede di seguire un protocollo d'uso degli ambienti che occupa, sia per favorire il corretto funzionamento dei sistemi sia per non ostacolarlo, compromettendolo. Uno dei più famosi esempi in tal senso è *L'istitute du monde Arabe* di Parigi.

## NOTE

(1) Nei casi indagati questa funzione è svolta dalla figura del *general contractor* il cui ruolo all'interno del processo è stato approfondito nei capitoli 6 e 7.

(2) *Ibid.*

(3) In questo tipo di struttura portante le solette sono collegate con chiodature e bullonature; da ciò deriva la rigidità della struttura e il suo essere inadatta a superare determinate altezze, 10-15 piani al massimo. È una tipologia ancora oggi in uso in edifici di modeste dimensioni. BENNET David, "L'evoluzione strutturale", in *Grattacieli*, Novara, De Agostini, 1996, p. 42, edizione italiana a cura di Flavio Conti, titolo originale di *Skyscrapers*, London, Marshall Editions, 1995.

(4) *Ibid.*, p. 15.

(5) HAMON Maurice, "Le miroir indécis ou le temps des incertitudes", in *Du soleil a la terre. Une Histoire de Saint Gobain*, s.l., Saint Gobain, 1998, pp. 118-130.

(6) RICE, Peter e DUTTON, Hugh, *Structural glass*, London, E & FN Spon, 1995, p. 32.

(7) *Ibid.*, p. 35

(8) *Ibid.*, p. 52

(9) Definizione di "prefabbricazione" data dall'Associazione Italiana per la Prefabbricazione in, PETRIGNANI, Achille, *Tecnologie dell'architettura*, Novara, De Agostini, 1990, p. 506.

(10) Con tale acronimo vengono oggi definiti, nell'ambito degli studi sui modelli economici, il Brasile, la Russia, l'India e la Cina che sono oggi considerati nella medesima e avanzata fase di sviluppo economico. Anche dal punto di vista del mercato del vetro piano destinato alle costruzioni tali paesi rappresentano, di fatto, un contesto produttivo che si contrappone ai Paesi cosiddetti G7 *economies*.

(11) LAVAGNA, Monica, "Le fasi di pre-produzione e produzione", in *Lyfe cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano, Hoepli, 2008, p. 167.

(12) *Ibid.*, p. 168.

(13) I dati qui riportati sono desunti da il motore di ricerca mondiale delle società BtoB, *Kompass, connects business to business*, Kompass International, Courbevoie Cedex, Francia, [www.kompass.com](http://www.kompass.com), febbraio 2012.

I dati relativi agli stabilimenti per la produzione di vetro piano, materiali in laterizio e in pietra sono rispettivamente:

- Francia, 270 vetro piano, 189, ceramica e clinker, 514 pietra;
- Germania, 333 vetro piano, 251 ceramica e clinker, 641 pietra;
- Spagna, 234 vetro piano, 624 ceramica e clinker, 230 pietra;
- Regno Unito, 387 vetro piano, 824 ceramica e clinker, 1317 pietra.

(14) LAVAGNA, Monica, *Op. Cit.*, p. 167.

(15) Con tale termine si intende un insieme di tecniche che definiscono, nell'ambito delle discipline del *Construction project management*, un processo costruttivo e progettuale che procedono parallelamente. Questo tipo di processo venne sviluppato intorno agli anni Sessanta del Novecento e rappresenta ancora oggi una modalità di costruzione largamente impiegata e stimata negli Stati Uniti, intorno al 40% dei progetti realizzati, KNECHT, Barbara, *Fast-track construction becomes the norm*, Architectural Record, [archrecord.construction.com](http://archrecord.construction.com).

(16) MAGGI, Pietro Natale, "Note introduttive alla problematica dell'industrializzazione e della progettazione integrata" in *La progettazione integrata per l'edilizia industrializzata. Insegnamenti*, OIKOS, Milano, 1979, p. 1

(17) *Ibid.* p. 1-10.

(18) LUGEZ, J., *La prefabbricazione a pannelli nell'edilizia residenziale*, Bologna, Edizioni C.E.L.I., 1978, p. 379

(19) MOORE, Fuller, "Preface" in *Concepts and practice of architectural daylighting*, New York, 1991, p.10-20

<sup>(20)</sup> WILLIS Carol, *Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago*, New York, New York, Princeton Architectural Press, 1995, pp.217

<sup>(21)</sup> MOORE Fuller, "Architecture and energy", in *Environmental control systems. Heating, cooling, lighting*, McGraw-Hill, p. 3.

<sup>(22)</sup> Ci si riferisce in questo caso ai vetri cosiddetti "cromo genici", ovvero in grado di modificare le proprie caratteristiche ottiche in risposta a stimolazioni esterne. Tali stimolazioni possono essere di natura elettrica (vetri elettrocromici), di natura termica (vetri termocromici), di natura luminosa (vetri fotocromici).

## NOTE





## La gestione delle informazioni nelle fasi decisionali del progetto

# 6

## 6.1 Processi industriali e processo edilizio a confronto

Il processo di impiego del vetro nel settore delle costruzioni è connotato, dalla produzione del materiale, alla sua trasformazione, sino alla progettazione di componenti, sistemi e manufatti edilizi, da un'elevata complessità.

Tale caratteristica è diretta conseguenza del numero di professionalità coinvolte e della natura e molteplicità di conoscenze necessarie per governare la qualità del manufatto finito; conoscenze queste ultime sempre più di frequente non possedute dal *leader* di progetto, ma da individui esterni all'organizzazione che coordina la progettazione dell'opera.

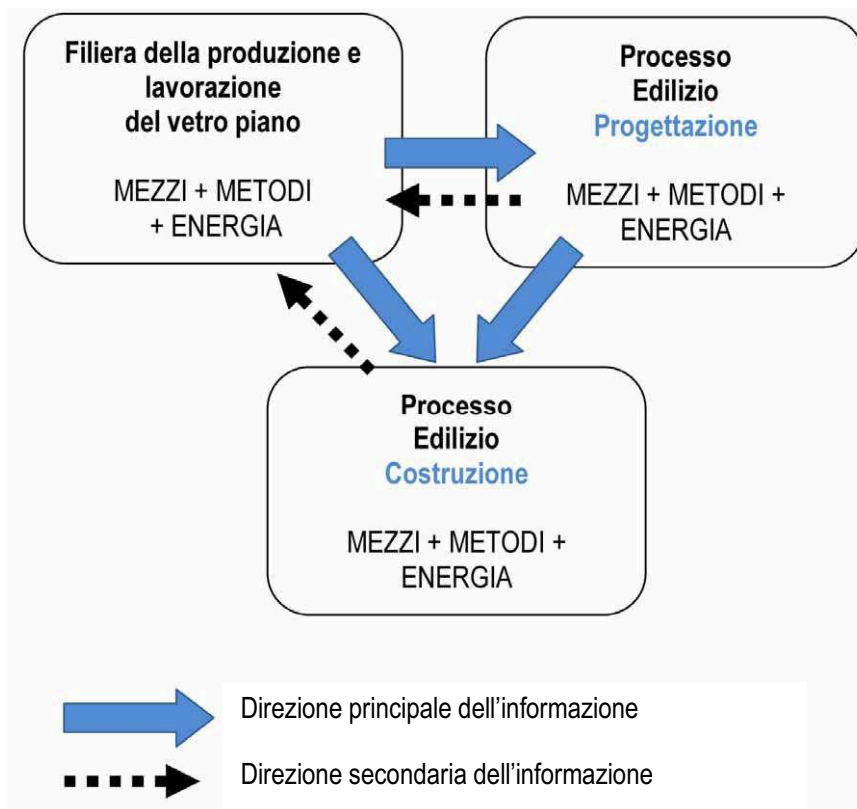
Progetti come quello analizzato per il nuovo polo fieristico di Lipsia analizzato nel capitolo tre evidenziano il moltiplicarsi degli specialisti coinvolti nella fase di progettazione dell'opera, proporzionalmente agli aspetti specifici legati alla tecnologia del vetro che si è ritenuto di valorizzare nel progetto stesso. Così lo studio tedesco Gerkan, Marg and Partner incaricato del progetto complessivo dell'area e dei diversi edifici previsti coinvolse il rinomato studio londinese Ian Ritchie Architects per il progetto della grande *Hall* centrale in acciaio e vetro. Medesime osservazioni possono essere fatte per quanto concerne il progetto dell'edificio per uffici *Debis Tower*, ad opera dello studio Renzo Piano Building Workshop, in Potsdamer Platz a Berlino. Nel progetto vennero coinvolti numerosi professionisti, tanto nella fase di progettazione e ingegnerizzazione di sub-sistemi, quanto nella gestione della costruzione e nella fornitura di tecnologie specifiche. Tra questi la rinomata azienda tedesca *Drees & Sommer*, che svolse due funzioni principali: quella di *General Manager* dell'intera area per l'investitore e quella di società di servizi per la progettazione ambientale, come consulente nel progetto della *Debis Tower*<sup>(1)</sup>.

La filiera produttiva che è stato possibile delineare in contesti come quelli studiati è dunque molto più ampia di quella riscontrabile in un progetto di tipo tradizionale<sup>(2)</sup> per due ragioni innanzitutto:

- la dimensione degli interventi;
- il numero di attori coinvolti.

Processi produttivi di materiali e componenti	Processo edilizio Norma UNI 10723:1998	Processo di fine vita dell'opera
<b>Filiera della produzione e lavorazione del vetro</b> vetro piano vetro cavo vetro tessile	<b>Processo decisionale</b> programmazione progettazione  <b>Processo esecutivo</b>  <b>Processo gestionale</b>	Riqualificazione Disassemblaggio Demolizione selettiva Smaltimento Riciclaggio

**Fig. 6.1**  
I principali processi di trasformazione incontrati dal materiale "vetro" [L'autore].



**Fig. 6.2**  
Flussi informativi principali e secondari rilevati nei casi indagati.

Avendo scelto, come presupposto della ricerca, di indagare il ruolo di coordinamento svolto oggi dalle società di progettazione architettonica, in qualità di organizzazioni di tipo economico, l'analisi dell'organizzazione della filiera risulta fondamentale in quanto "il processo decisionale viene direttamente influenzato da due elementi: la presenza di molti individui (portatori di interessi non sempre condivisi); l'aumentare d'informazioni ad essi disponibile" <sup>(3)</sup>. Da ciò deriva infatti la necessità di una forma organizzata di coordinamento, funzione che si riconosce al progettista *leader* di progetto, al fine di: "far sì che chi dispone di maggiori informazioni le trasmetta al sistema organizzativo [...] e al fine di garantire che le decisioni prese da chi esercita il potere di autorità nell'impresa siano correttamente trasmesse e implementate" <sup>(4)</sup>.

### 6.1.1 Fattori che influenzano i flussi informativi nella fase di progetto

#### Il ruolo dei produttori e trasformatori del vetro

In organizzazioni come quelle descritte un ruolo determinante è svolto dai produttori del vetro (primo livello di trasformazione delle materie prime) e dai trasformatori successivi, che si occupano di lavorazioni specifiche come quelle citate di laminazione, taglio e molatura (livelli successivi di lavorazione) <sup>(5)</sup>.

Tanto per il progettista, quanto per i fornitori di specifici servizi di ingegneria e progettazione, questi attori determinano un *corpus* informativo in entrata *input*, che andrà opportunamente rielaborato e trasmesso all'interno dell'organizzazione in relazione a:

- gli obiettivi dell'organizzazione stessa;
- il numero di responsabili decisionali che l'organizzazione avrà saputo individuare.

Questo insieme di informazioni risulta, in particolare, di diversa natura:

- informativa tecnica per i professionisti (schede prodotto e schede di processo; descrizione dei servizi svolti);
- statistica per gli investitori e i professionisti (andamento del mercato; rapporti semestrali; resoconti di applicazioni specifiche ecc);
- divulgativa per entrambe le categorie citate e per un pubblico di non addetti (obiettivi generali dell'azienda e mercato di riferimento) <sup>(6)</sup>.

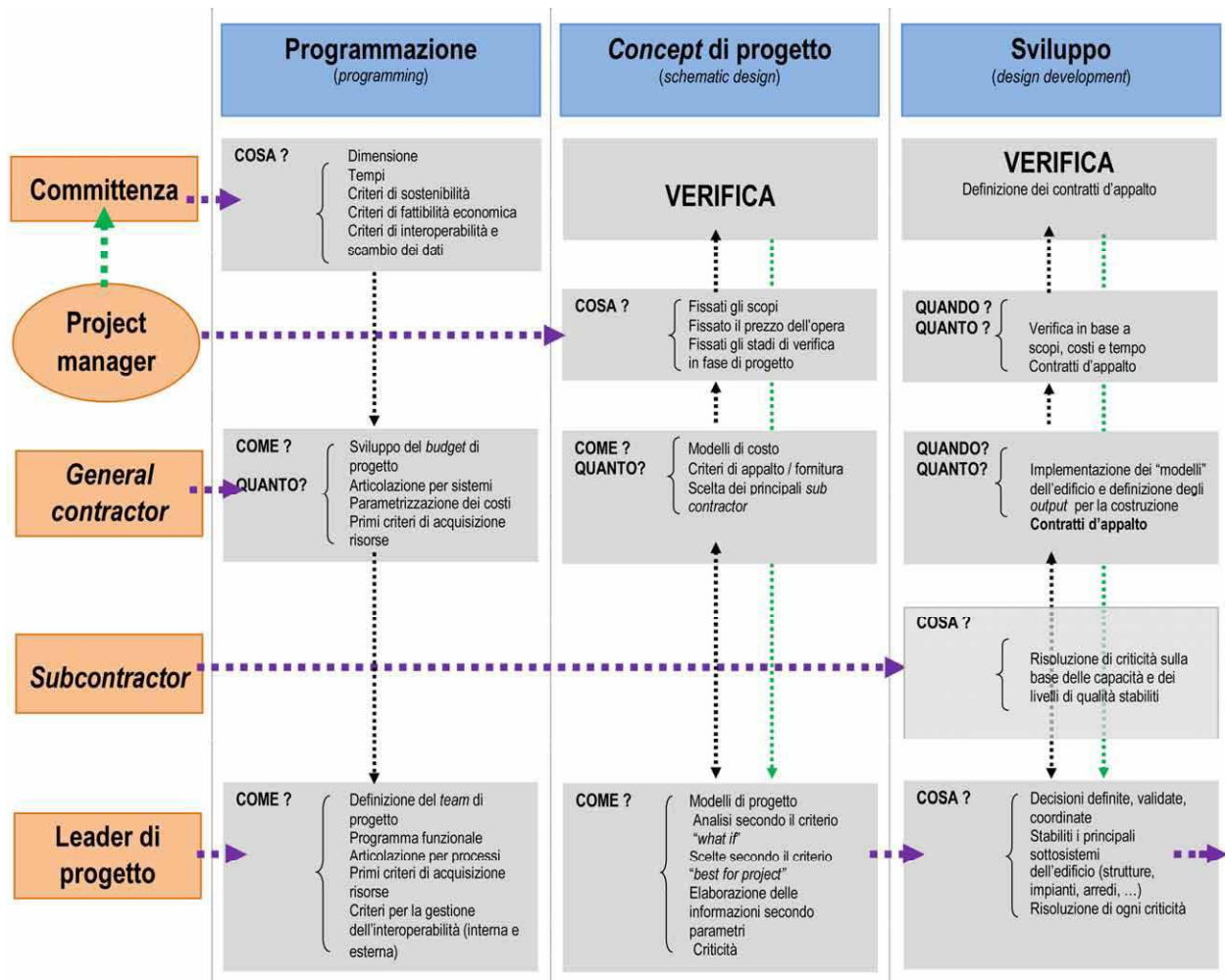


Fig. 6.3

Tecnologia del vetro e sviluppo del progetto: identificazione dei processi principali in relazioni agli obiettivi della progettazione e dei subcontractor, tra i quali si collocano i fornitori di materiali e componenti. Il loro coinvolgimento all'interno dello sviluppo del progetto è legato a fattori quali:

- la conoscenza dei componenti del team degli aspetti legati alla tecnologia;
- il budget di progetto;
- i tempi del progetto.

Con riferimento al metodo *Integrated Project Delivery* e alla norma UNI ISO 1006:2005, *Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti* e all'appendice B del presente lavoro. [Fonte: l'autore]

Questa organizzazione riflette il modo in cui la filiera indagata governa l'attuale complessità della filiera di riferimento. Ne consegue un'organizzazione informativa pianificata, tipica della produzione industriale, all'interno della quale riveste un ruolo determinante, dal punto di vista decisionale, la verifica costante del rapporto tra la "quantità di risorse impiegate" e la "qualità del prodotto/servizio" che la filiera produce e immette sul mercato. Tale esigenza si associa innanzitutto a una caratteristica intrinseca alla filiera produttiva del vetro piano quale quella di essere, nell'ambito delle filiere di produzione di materiali, una tra le più costose in termini energetici<sup>(7)</sup>.

Questo tipo di organizzazione si è confrontata poi nel tempo con i più avanzati metodi costruttivi e di gestione del cantiere, rendendo in questo modo costante il rapporto/confronto con le tecnologie ad essa strettamente legate, come le tecnologie del ferro e dell'acciaio o in generale dei sistemi costruttivi a secco.

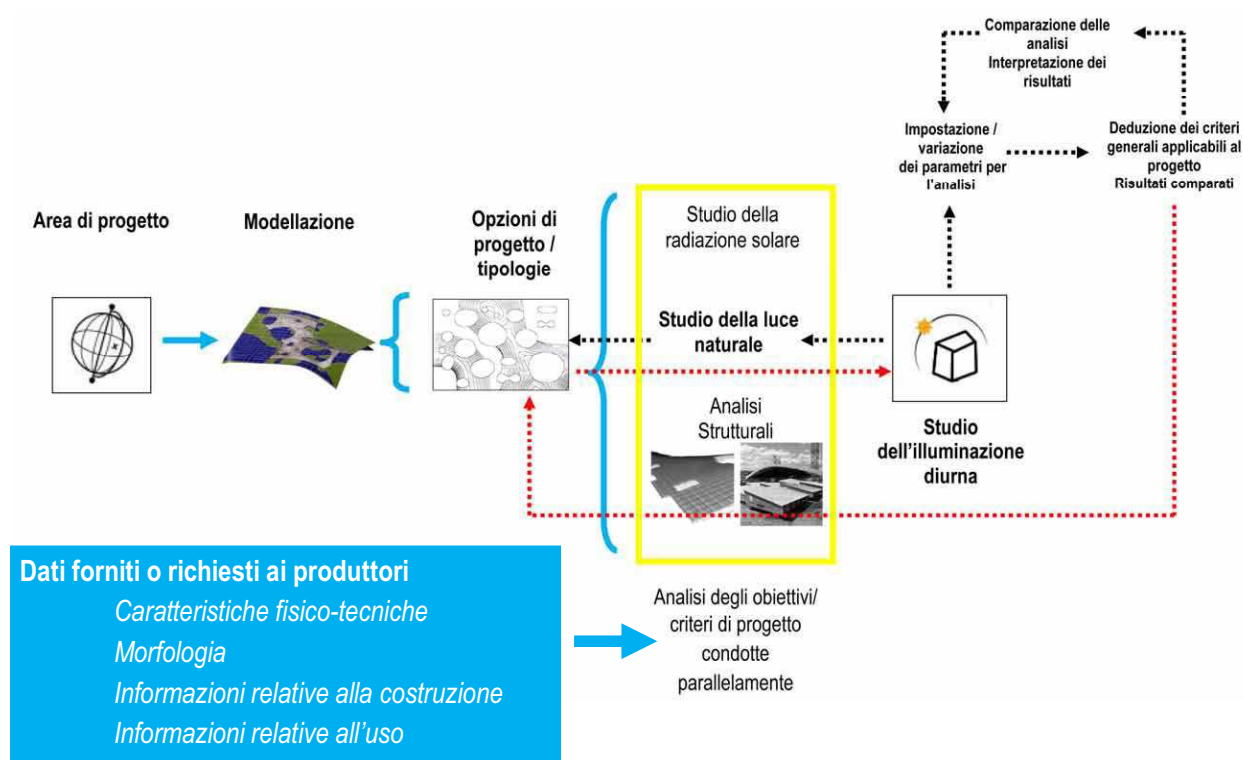
Il controllo e la gestione delle risorse hanno così continuato a presentarsi come obiettivi primari, anche durante le fasi di lavorazione successiva alla produzione del materiale in senso stretto, nelle quali tuttavia lo stesso risultava coinvolto. Lo sguardo dunque proteso all'intero ciclo di vita dell'opera che impiega il materiale vetro rappresenta da tempo un orizzonte di riferimento anche per i produttori del materiale, indispensabile alla gestione dei propri processi produttivi così come alla comunicazione del proprio prodotto.

In questo senso la filiera in esame si differenzia da altri settori industriali rivolti al mercato delle costruzioni. Il prodotto finito al quale infatti essa si riferisce non è conseguenza di un "saper fare" caratteristico di tecniche costruttive tradizionali, bensì di un sistema organizzato di conoscenze, che porta infatti a riconoscere il vetro come tecnologia costruttiva solo a partire dal momento dell'industrializzazione nella produzione del materiale. Da quel momento chi produce continua a possedere la conoscenza più approfondita della materia, sia per quanto concerne le sue potenzialità sia per quanto concerne i suoi limiti.

### **Trasmissibilità delle conoscenze: dalla fabbrica al progetto**

Tale conoscenza organizzata viene così trasferita al progetto di architettura in modi molteplici, derivanti da vincoli cogenti e dai mezzi e canali informativi disponibili, più che da prassi costruttive. Le conoscenze a riguardo della tecnologia cioè sono implementate molto più velocemente a monte del processo edilizio piuttosto che a valle, come accadeva e accade nei cantieri tradizionali, che impiegano cioè tecnologie costruttive consolidate nelle





tradizioni locali e dunque sperimentate nella costruzione prima ancora che le conoscenze ad esse legate costituiscano un apparato teorico coerente e dunque trasmissibile.

A questo corpo informativo sempre più ricco si aggiunge inoltre oggi quello dei molti saperi specialistici strettamente legati all'impiego del vetro in architettura quali quelli necessari, ad esempio, al progetto di sistemi per la captazione e diffusione della luce naturale, di sistemi attivi e passivi per il controllo energetico degli edifici, di sistemi mediatici e illuminotecnici integrati, solo per citarne alcuni.

La realizzazione del periscopio solare nel progetto della *Hong Kong Bank* ad opera dello studio Foster & Partner richiede un lavoro specifico di progettazione attraverso la collaborazione con il fornitore tedesco. Questa specifica scelta tecnologica impose scelte di diverso ordine. Dal punto di vista

**Fig. 6.4**

Elaborazione parametrica del modello di progetto in relazione agli obiettivi.

Informazione fornita dai produttori o richiesta dai progettisti.

[Fonte: rielaborazione dell'autore da: Autodesk, BIM services e CASE, Building Information Modeling (BIM) consultancy, New York City]

morfologico si stabili di arretrare e spostare lungo il perimetro il *service core* dell'edificio, in modo da liberare lo spazio centrale. Dal punto di vista tecnologico richiese uno contributo specifico degli studi di illuminotecnica, condotti nel caso specifico dallo studio tedesco *Claude and Danielle Engle Lighting*. Dal punto di vista logistico infine determinò un'incidenza sui costi di trasporto e montaggio tale da far sì che, ancora oggi, il progetto venga ricordato come uno tra i più costosi del secolo scorso<sup>(8)</sup>.

Il contesto del progetto attuale di architettura è cambiato, per alcuni aspetti, rispetto al caso sopra citato. Sono infatti disponibili maggiori strumenti di simulazione e verifica delle ipotesi progettuali. Ciononostante il ruolo dei produttori non è cambiato; le maggiori differenze risiedono piuttosto nel numero di conoscenze, e dunque informazioni, che dall'epoca del progetto della Hong Kong Bank, sono state sviluppate e divulgate.

Nell'ambito dunque della filiera del vetro le questioni progettuali che si pongono sono riassumibili in:

*Come sono organizzate tali informazioni? Quali attori sono coinvolti e con quale grado di approfondimento? Quale tipo di risorse ha oggi il progettista per poter operare scelte consapevoli, ovvero informate?*

Il ruolo che il progettista assume è, conseguentemente e con sempre maggiore frequenza, quello di "gestore" di informazioni elaborate e organizzate da altri.

Le conoscenze e le informazioni sono, altrimenti dette, fattori della produzione<sup>(9)</sup>, ovvero strumenti che il progettista deve saper mettere in campo, direttamente o attraverso risorse esterne, per poter governare un determinato problema progettuale. A queste variabili si aggiunge quella, determinante, del tempo., da cui emerge il quesito:

*Come leggere tali informazioni e impiegarle in tempi efficaci alla realizzazione di un progetto?*

È infatti in particolare la variabile "tempo" che oggi induce i più radicali cambiamenti nelle organizzazioni produttive. Coloro preposti, in qualunque organizzazione, a scelte operative sono oggi soggetti al fattore tempo che, più di altri fattori, indirizza le scelte. Dall'impiego di risorse economiche all'impiego di risorse energetiche, anch'esse di fatto poi lette in termini economici, il rapporto costi/benefici acquista significato solo se riferito ad un arco temporale.

Chi gestisce i processi si trova così, sempre più spesso, a coordinare

saperi che non governa approfonditamente. Ne consegue l'importanza maggiore che acquisisce "l'organizzazione delle informazioni", sia per chi le comunica sia per chi le riceve, all'interno dei processi decisionali.

Per rispondere a questi quesiti, dopo aver delineato le caratteristiche dell'informazione messa a disposizione dei produttori, sia dal punto di vista della struttura sia dei contenuti<sup>(10)</sup>, si sono poste a confronto le caratteristiche di tale apparato informativo con i processi emersi dall'analisi di progetti campione, al fine di elaborare una "procedura di gestione della qualità"<sup>(11)</sup> del progetto.

La filiera della produzione e lavorazione del vetro piano mette a disposizione una vasta gamma di prodotti standardizzati ai quali tuttavia può corrispondere un uso assai diversificato. Ciò che infine si cerca di far emergere è come all'impiego di una tecnologia così fortemente specializzata corrispondano opportunità di sperimentazione costante per il progetto di architettura e come questo corrisponda a una approfondita conoscenza della materia, derivante dalla sinergia e collaborazione di tutti gli attori coinvolti.

### 6.1.2 Fasi di lavorazione del vetro e attori coinvolti

L'indagine sui "flussi informativi" che caratterizzano il processo edilizio in esame è stata assunta come strumento per indagare l'attuale organizzazione della filiera produttiva e per porre a confronto l'industria delle costruzioni con altre filiere industriali dalle quali, sempre più frequentemente, la prima attinge in quanto a strumenti organizzativi e produttivi.

Dalle considerazioni precedenti emerge un successivo quesito:

*Esiste una relazione tra la diffusione della tecnologia del vetro piano e i livelli di industrializzazione del processo edilizio ai quali oggi assistiamo?*

Indagare gli esiti costruttivi più recenti dell'impiego della tecnologia del vetro ha in questo contesto l'obiettivo di verificare se tale impiego, più o meno diffuso, è in qualche modo legato alla presenza di una organizzazione di tipo industriale all'interno del processo edilizio.

Occorre innanzitutto chiarire cosa si intende per "processo industriale", ovvero quel processo di trasformazione di materie e informazioni che caratterizzano "quell'attività umana diretta alla produzione di beni, anche nelle forme più semplici e meno organizzate"<sup>(12)</sup>.

In senso più esteso e con riferimento alle contemporanee e più complesse forme di organizzazione un "processo di natura industriale" è altresì inteso come un insieme di operazioni, mezzi e criteri che trasformano elementi

**Fig. 6.5**

Modello organizzativo per la Gestione della Qualità secondo la Norma UNI EN ISO 9001:2008.

in entrata (*input*) in elementi in uscita (*output*) aventi un valore aggiunto<sup>(13)</sup>.

Durante le fasi che caratterizzano questa organizzazione viene verificata la realizzabilità di un'idea e la sua conformità ad obiettivi predefiniti, in generale il soddisfacimento di requisiti<sup>(14)</sup>.

In modo non molto dissimile da quanto appena descritto, il progetto del costruito è anche il momento del processo edilizio in cui si verifica la fattibilità di un'idea in termini di costi, di tempi, di risorse impiegate e di possibilità costruttive. Al risultato del processo è in questo modo applicabile la definizione di "prodotto/servizio" ovvero: "quanto si ottiene da attività tecnicamente ed economicamente definite<sup>(15)</sup>" e "produzione" ovvero "attività definibile sul piano tecnico e economico". Inteso come risultato delle operazioni, dei mezzi e dei saperi impiegati anche il risultato del processo edilizio è definibile come prodotto/servizio.

## 6.2 L'approccio alla progettazione nella produzione di prodotti e servizi: strumenti

### 6.2.1 Trasferimenti tecnologici al progetto di architettura

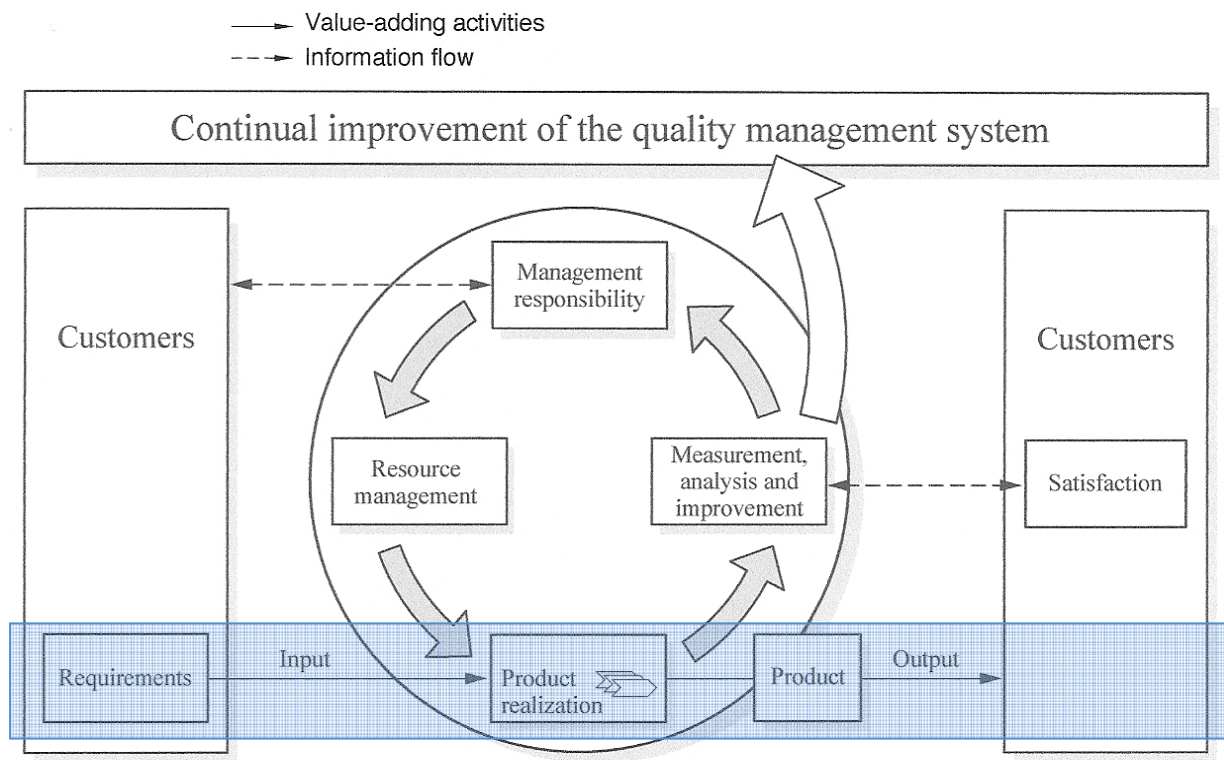
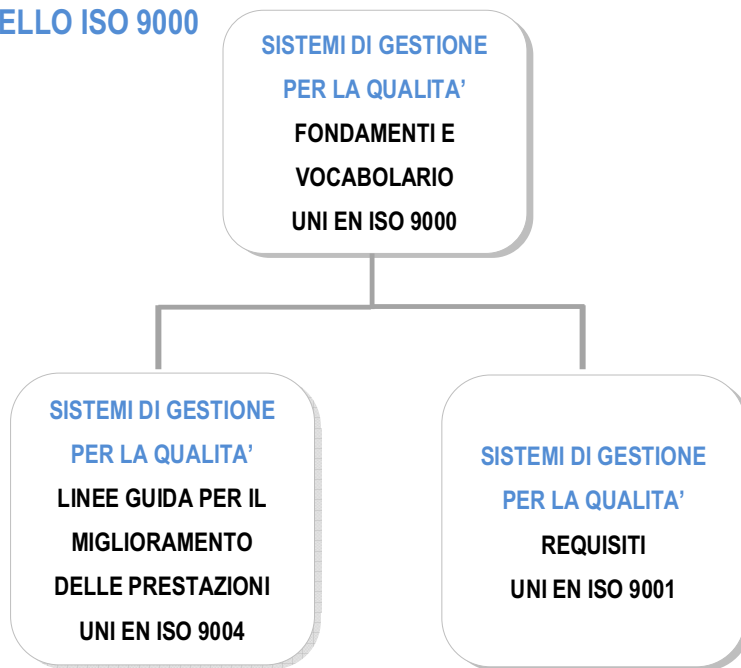
Un tipo di organizzazione produttiva orientata come sopra descritto si pone oggi l'obiettivo di verificare l'efficacia dei propri processi produttivi in relazione alle caratteristiche dei propri prodotti ovvero di comprendere la capacità che questi ultimi hanno di incontrare, soddisfacendoli, i bisogni dei "clienti" ai quali sono destinati.

Alcuni degli strumenti in uso per verificare e monitorare il perseguimento dell'efficacia nel tempo sono quelli esaminati all'interno dei "Sistemi di Gestione Qualità" (secondo il Modello ISO 9000), o in discipline specifiche quali "Il controllo di gestione", il *marketing* di prodotti e servizi e, in generale, la teoria della "Qualità Totale".

Queste discipline si sono sviluppate, dalla prima metà del Novecento ad oggi come conseguenza di un'organizzazione delle conoscenze orientata al supporto delle attività decisionali in organizzazioni complesse. Dapprima prese singolarmente, poi per "filiera" di produzione, ovvero per gruppi, economicamente distinti ma coinvolti in medesimi cicli produttivi (come accade nel caso di fornitori di servizi di analisi ambientale per uno studio di architettura).

Questi strumenti approdano al processo edilizio, nel nostro Paese, a partire dagli anni Settanta (successivamente a quanto già accadeva in Paesi quali la Francia o la Germania e l'Inghilterra), ma trovano una codificazione solo

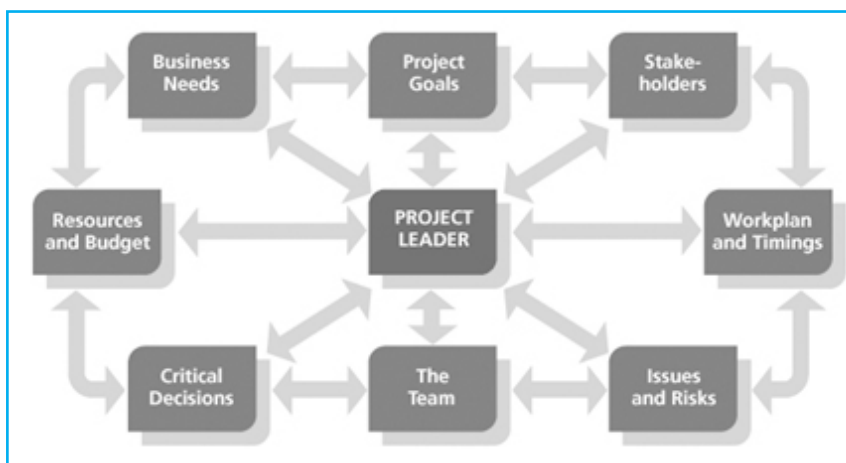
**IL MODELLO ISO 9000**



**Fig. 6.7**

Il ruolo del *leader* di progetto e l'ambito di definizione della qualità percepita.

[Fonte: l'autore]



**Ambito della qualità percepita e qualità comunicata**

**Fig. 6.8**

Lo "scopo" dichiarato nelle diverse edizioni della Norma ISO 9001, [CERMET, corso per Auditor/Responsabili gruppo di audit di Sistemi di Gestione Qualità, corso qualificato CEPAS, Bologna] ISO 9001:2008.





un decennio successivo<sup>(16)</sup>. L'intento fu quello di fornire nuovi modelli di comprensione e gestione a professioni (quali quella dell'architetto) che stavano rapidamente cambiando, poiché si andavano ampliando esponenzialmente il mercato di riferimento, le tecniche e le tecnologie disponibili.

Gli studi condotti nell'area della Tecnologia dell'architettura quali quelli Romano Del Nord e poi implementati da studiosi quali Maria Chiara Torricelli mostrano un importante, a giudizio dell'autore, momento di cambiamento nell'accezione del ruolo e del significato del *progetto*, come processo di natura *previsionale*, i cui risvolti di tipo "economico-attuativo" sono governabili in termini di tecniche di *management*<sup>(17)</sup>.

Oggi è possibile riscontrare la diffusione di questi modelli non solo all'interno di organizzazioni di grandi dimensioni, ma anche in quelle medio-piccole, come quelle che caratterizzano il settore delle costruzioni nel nostro Paese. Tale osservazione discende non solo dall'evidenza di una sempre maggiore diffusione delle certificazioni di processo anche nel settore delle costruzioni (alle quali non corrisponde tuttavia, necessariamente, una innovazione dal punto di vista organizzativo), ma anche della diffusione di strumenti informatici per il controllo di gestione<sup>(18)</sup>, che possono efficacemente essere adottati solo in contesti che mirano ad una efficiente organizzazione interna.

### **6.2.2 Strumenti di orientamento al cliente: qualità percepita e comunicata**

Conseguentemente a quanto analizzato si ritiene che alcuni strumenti utilizzati da alcuni fornitori di prodotti e servizi possano essere efficacemente impiegati anche nella pianificazione e gestione del progetto di architettura.

Tra questi si pone come centrale nel dibattito il tema della *qualità percepita*, indicatore assunto per esprimere il grado di soddisfazione o insoddisfazione associato a un determinato prodotto o servizio. Tale parametro è ambito di indagine, prima ancora dell'apparato normativo a cui afferiscono le teorie di gestione della qualità nei processi, sia delle scienze economiche sia delle scienze sociali dove assume il ruolo di strumento per valutare organizzazioni di tipo produttivo e di tipo collettivo.

Tale parametro si traduce poi in una serie di procedure e tecniche utilizzate nello sviluppo del prodotto, dal momento della sua concezione sino all'eventuale fuoriuscita dal mercato, lasso di tempo durante il quale il miglioramento del bene stesso avviene anche sulla base dell'indicatore di

qualità percepita.

Questo processo di ricerca e sviluppo fa in generale riferimento a cinque fasi principali, che sono le medesime dell'elaborazione di un progetto:

- pianificazione e definizione di un programma;
- progetto del prodotto e verifica dello sviluppo;
- progetto del processo e verifica dello sviluppo;
- validazione del prodotto e del processo;
- produzione.

Le attività principali che ne conseguono sono:

- le comprensione dei bisogni dei clienti;
- la rilevazione della soddisfazione dei clienti e la pianificazione di azioni correttive;
- il progetto all'interno delle capacità del processo<sup>(19)</sup>;
- l'analisi e gestione di insuccessi<sup>(20)</sup>;
- la verifica e la validazione;
- le revisioni del progetto.

In sintesi, questi aspetti sono riconducibili a tre azioni principali che un'organizzazione compie:

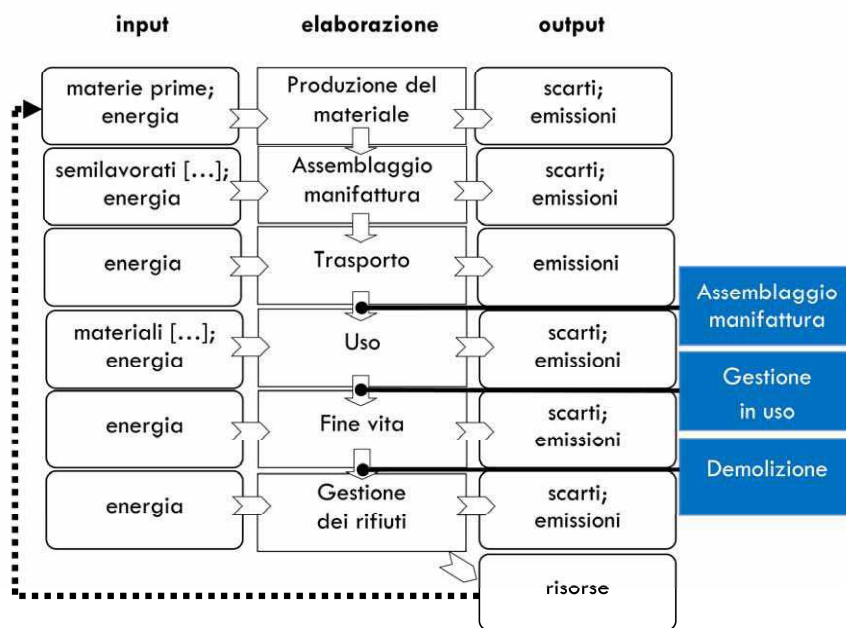
- la comprensione del proprio mercato di riferimento;
- il riconoscimento, l'analisi e il controllo delle proprie variabili produttive;
- lo studio dei propri insuccessi.

In questo senso il tema della qualità percepita è centrale tanto in relazione al primo punto quanto al terzo e si traduce in uno strumento importante nella fase di progetto di un prodotto quanto nel progetto di comunicazione che lo accompagna.

L'informazione che ne consegue va nella duplice direzione di far comprendere le caratteristiche del prodotto e enfatizzarne le peculiarità rispetto a prodotti che si rivolgono allo stesso settore di mercato.

Così inteso il concetto di *qualità percepita* si può associare, come il conseguente concetto di *qualità comunicata*, a qualunque prodotto o servizio che viene acquistato in cambio del soddisfacimento di bisogni. Il prodotto che deriva dal processo edilizio risponde anch'esso a queste caratteristiche.

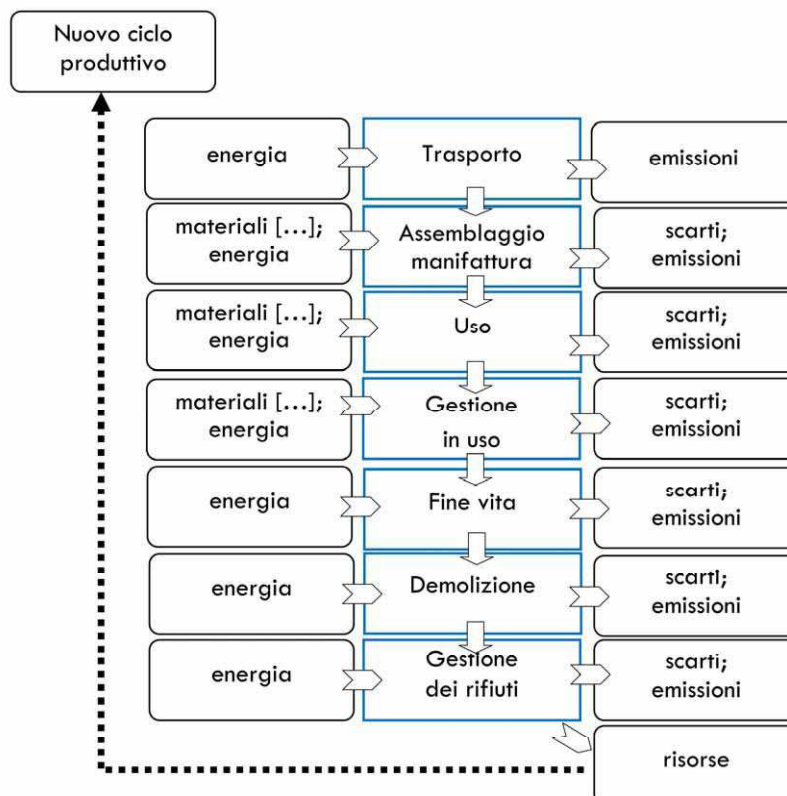
“La massima soddisfazione del cliente dovrebbe essere il principale



**Fig. 6.9**

Fasi del ciclo di vita di un prodotto del processo industriale a confronto con le fasi del ciclo di vita di un edificio.

[Fonte: l'autore]



obiettivo di coloro che operano sul mercato, obiettivo che sempre più è andato consolidandosi poiché la soddisfazione di clienti esterni e interni all'organizzazione e la loro fedeltà è riconosciuta come uno dei maggiori vantaggi competitivi rispetto ai concorrenti" (21).

Occorre dunque conoscere i desideri dei clienti e verificare costantemente che la cultura (obiettivi) di chi eroga il servizio sia in linea con quella di chi lo riceve, oltre a verificare che all'interno dell'organizzazione siano compresi e attuati gli obiettivi della direzione.

In tale contesto le ricerche definite di *customer satisfaction* rappresentano metodologie specifiche nelle ricerche di mercato. Nel contesto italiano l'uso delle ricerche di mercato viene introdotto in maniera codificata nei processi decisionali solo negli anni Sessanta, importando l'esperienza maturata negli Stati Uniti a partire dagli anni Trenta del Novecento.

Tali ricerche sono campo di indagine specifico del *marketing* che ha assunto la funzione di analizzare, pianificare, finalizzare e gestire l'attività sul mercato per proporre e garantire un'offerta completa e competitiva che sia in grado di soddisfare i bisogni del cliente.

Uno dei principi fondamentali è la segmentazione della clientela. Segmentare significa analizzare il mercato in cui si opera, individuando quali attori e processi coinvolge. La segmentazione avverrà secondo criteri d'interesse: aree geografiche; potere d'acquisto dei clienti, ecc.

In questo contesto gli strumenti del marketing sono:

- il prodotto (qualità, caratteristiche, gamma);
- il servizio (garanzia, assistenza, capacità di incontrare le esigenze del cliente);
- il prezzo (listino, sconti, modalità di pagamento)
- la comunicazione (pubblicità, promozioni, pubbliche relazioni, visibilità);
- la distribuzione (canali, rete di vendita, incentivi alla vendita, logistica)

Le scelte che derivano da questi tipi di analisi si fondano su ricerche di mercato ovvero: su attività svolte su basi scientifiche e tese alla raccolta, registrazione ed analisi di dati ed informazioni che riguardano il trasferimento di prestazioni di beni o servizi, dall'erogatore al fruitore, con lo scopo di aiutare chi eroga a comprendere meglio i bisogni dei propri clienti.

La necessità delle aziende di essere fortemente competitive a fronte di una continua espansione dei consumi si manifesta in maniera più evidente negli anni Ottanta, favorendo la leadership del marketing nelle aziende.

Il concetto di segmentazione viene estesamente adottato: si percepisce in modo più netto che raramente un mercato è omogeneo, ma si ripartisce in segmenti con caratteristiche precise.

Con la crisi economica degli anni Novanta le esigenze di competitività sono i *driver* principali del cambiamento e motivo di un maggiore orientamento al cliente, alla quantificazione delle attese, delle percezioni e delle osservazioni, come evidenziato anche dalle successive revisioni della Norma ISO 9001:2008.

Esistono infatti a tale proposito metodi e tecniche specifiche per rilevare e elaborare la soddisfazione della clientela, metodi che tuttavia esulano da questa indagine. È comunque interessante notare come tra gli indicatori individuati per valutare la soddisfazione del cliente rientri anche l'*informazione* in relazione ad altri indicatori quali:

- l'assistenza tecnica;
- la qualità dei prodotti;
- la preparazione del personale;
- il rispetto dei tempi di concordati;
- la documentazione fornita;
- la rapidità di risposta.

L'*informazione resa disponibile* è uno degli indicatori insieme ad altri che servono alla direzione per controllare il proprio operato e per strutturare una gerarchia di flussi informativi all'esterno della propria organizzazione. In tal senso potrà essere di tipo tecnico per gli specialisti (informazioni sui prodotti e sui servizi relativi al ciclo di vita del prodotto), o riepilogativa dell'andamento delle vendite per cicli temporali, al fine di attrarre nuovi investitori, ecc.

La figura dell'architetto risulta, nei casi studio analizzati e nel contesto attuale, non dissimile da quella del *product/project manager* al quale "si richiede di eccellere nell'approccio analitico e nella visione di sintesi, nella raffinatezza di pensiero così come nella capacità di comunicare le idee, nella profondità e comprensione dei fenomeni e nella rapidità di esecuzione, dimostrando così di saper efficacemente coniugare aspetti economici e creatività, razionalità e intuito"<sup>(22)</sup>.

Il parallelo che in questa ricerca si propone non ha però l'obiettivo di cedere ulteriormente parte dello spazio del progetto architettonico ad altre discipline, poiché spesso a questo fatto è imputato un impoverimento generale del fare architettura, ma di evidenziare le possibilità di competitività offerte al progettista in un momento storico in cui alcuni fattori fondamentali sono cambiati.

*“The complexity and the amount of required data in some projects is increasing exponentially, while the design cycles tend to be shorter and faster.”<sup>(23)</sup>*

Difficile pensare che questi fattori così determinanti nel modificare l'organizzazione di tutte le attività umane non inducano a un cambiamento anche nel progetto di architettura e nella sua realizzazione. Ricercare le potenzialità offerte da strumenti e metodi presenti efficacemente in altre organizzazioni produttive è obiettivo di questa indagine.

Il riferimento a discipline quali il *marketing dei prodotti e dei servizi* è infatti funzionale a indagare la fase del progetto, nel più ampio processo edilizio, come fase di complessiva programmazione dell'opera, durante la quale tutte le variabili vengono considerate; una fase di tipo decisionale appunto. Allo stesso modo infatti il marketing è considerato all'interno delle organizzazioni produttive un approccio all'analisi e alla risoluzione dei problemi che tende a far convergere, nelle varie fasi di approfondimento di un progetto, le diverse istanze verso un obiettivo comune.

Gli aspetti essenziali che si ritiene debbano sempre essere presenti sono:

- l'approfondita conoscenza del mercato di riferimento intermini di consumatori, clienti, distributori, concorrenti;
- la definizione di traguardi coerenti con le potenzialità del prodotto;
- la consapevolezza degli aspetti economici implicati.

Fattori che costituiscono, non per sommatoria ma per reciproco peso relativo, gli elementi di risoluzione del problema che ci si pone. Non ultimo il tema della più efficace forma di comunicazione del prodotto che si propone.

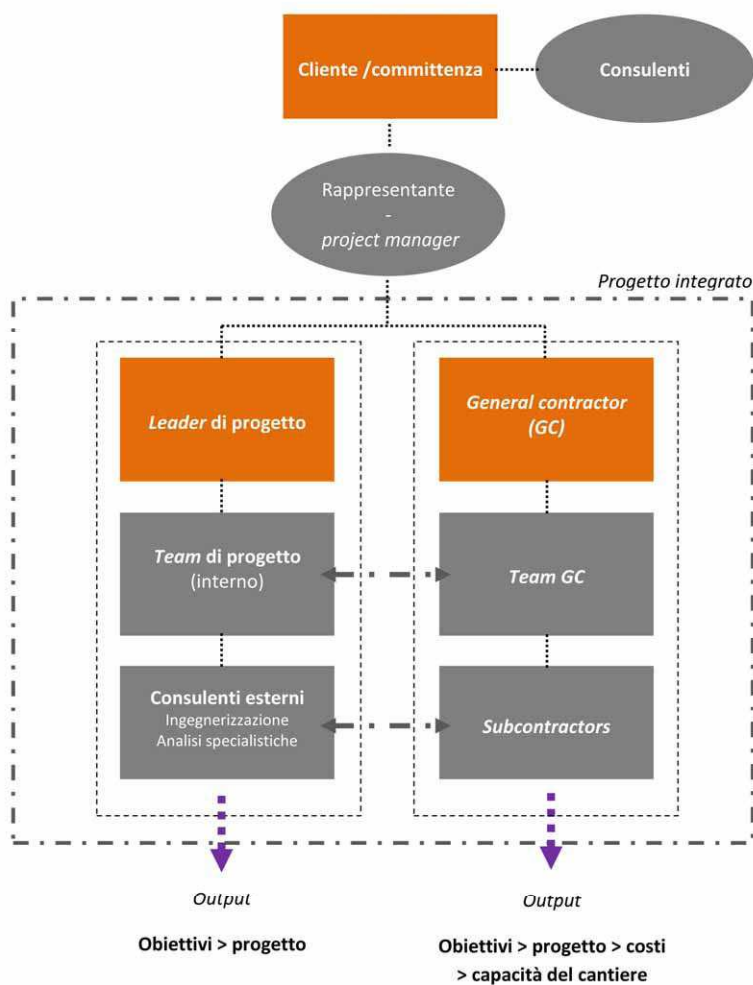
Se dal punto di vista delle figure a cui è delegata la responsabilità di scelta all'interno dei due macro processi analizzati è possibile stabilire diversi punti di contatto, dal punto di vista del prodotto del processo produttivo esistono alcune importanti differenze.

In primo luogo la durata del ciclo di vita del prodotto stesso. Oggi per un prodotto di consumo, dall'alimentare al settore automobilistico, il ciclo di vita è considerato di tre anni al termine dei quali i prodotti devono essere rinnovati, anche solo per mantenere la loro attrattività.

Il ciclo di vita di un edificio è evidentemente molto più lungo, tuttavia si ritiene ancora una volta possibile un parallelo. Il Metodo del *Life Cycle Assessment* (LCA) di un prodotto costituisce, oltre a un insieme di tecniche, un approccio che l'industria da molto tempo ha adottato per gestire il proprio processo e i

cambiamenti del mercato. Nel settore delle costruzioni e in particolare nella nostra realtà nazionale questo tema è di recente dibattito. Questo fa sì che ci si trovi ancora in una fase di specificazione di tutte le variabili che concorrono a descrivere tale problema nel nostro contesto specifico.

Conseguentemente il dibattito sul ruolo e la professionalità degli architetti risulta nuovamente messo in discussione, al fine di comprendere quali strumenti i



**Fig. 6.10**

Relazione tra gli attori nei processi indagati.

[Fonte: COOK, 2007]



professionisti effettivamente possiedono per governare l'attuale complessità e interfacciarsi con figure professionali sempre più presenti sul mercato: come quella del *project manager*, al quale committenti *consapevoli* affidano la gestione dei propri investimenti immobiliari.

### 6.3 Il ruolo e la struttura dell'informazione

Dall'analisi dell'informazione messa a disposizione dai produttori, sotto forma di informazione divulgativa, schede tecniche di prodotto, schede tecniche di processo e pubblicazioni sia relative ai servizi e prodotti commercializzati sia alla *policy* aziendale si legge un'organizzazione dell'informazione stessa orientata al ciclo di vita del prodotto.

Il metodo dell'analisi del ciclo di vita nasce essenzialmente come strumento per valutare il flusso di energia primaria che attraversa il processo; la sua struttura tuttavia è tale da poter essere ricondotta ad un generale approccio per processi dove è possibile, cambiando la *qualità* dei dati di *input* e *output*, leggere il medesimo processo con finalità diverse.

In cosa si differenzia il prodotto del processo edilizio, dal punto di vista della sua ideazione e produzione, dal resto dei prodotti "finiti" che l'industria immette in un ciclo d'uso?

In questo secondo caso è possibile notare come la progettazione dell'intero ciclo di vita del prodotto sia di competenza dell'industria stessa la quale è in grado, anche se non sempre applica questo metodo, di conoscere e valutare l'energia impiegata nel processo produttivo (*from cradle to gate*) l'energia necessaria per la distribuzione (LCA trasporti) il tempo di vita del prodotto e le operazioni di manutenzione necessaria, la dismissione e l'eventuale immissione di parti in un nuovo ciclo produttivo (*from cradle to grave*).

Nel processo edilizio questo può avvenire in fasi temporali diverse e per mezzo di attori diversi, fatta eccezione per quei casi di *best practice* nei quali, durante la fase di programmazione dell'opera, il progettista mostra di considerare diverse variabili dell'intero ciclo di vita dell'opera. È il caso ad esempio in cui aspetti di gestione in uso, manutenzione, vincoli derivanti dal tipo di utenza a cui ci si rivolge vengono presi in esame contestualmente agli aspetti funzionali, spaziali e tecnologici.

È questo il caso, ad esempio, di edifici progettati e realizzati secondo metodi di progettazione sostenibile. Nel caso del metodo a *matrici* definito dal BRE, *Building Research Establishment*, tra i criteri di progettazione sostenibile di componenti e sistemi si riconosce un valore aggiunto in particolare:

### Search for a product

1 Choose your search method :

A to Z Application Function Glass type Product family

2 What would you like the glass to do ?  
Select one or more benefits.

<p>Thermal and solar protection</p> <p><input type="checkbox"/> Enhanced thermal insulation</p> <p><input type="checkbox"/> Year round comfort</p> <p><input type="checkbox"/> Solar control</p> <p><input type="checkbox"/> Heatable glass</p> <p>Protect against excessive noise</p> <p><input type="checkbox"/> Enhanced acoustic insulation</p>	<p>Innovative interior design</p> <p><input type="checkbox"/> Cladding</p> <p><input type="checkbox"/> Decoration</p> <p><input type="checkbox"/> Privacy</p> <p>Safety and security glass</p> <p><input type="checkbox"/> Fire protection</p> <p><input type="checkbox"/> Security</p> <p><input type="checkbox"/> Protection against vandalism and breakage</p> <p><input type="checkbox"/> Safety</p>	<p>Low maintenance glass</p> <p><input type="checkbox"/> Self-cleaning</p> <p>Light effects</p> <p><input type="checkbox"/> Extra-clear, light maximising</p> <p><input type="checkbox"/> Electrically operated</p> <p><input type="checkbox"/> Anti-reflective</p> <p><input type="checkbox"/> One-way vision</p>
---	--	--

---

### Search for a product

1 Choose your search method :

A to Z Application Function Glass type Product family

2 What would you like the glass to do ?  
Select one or more benefits.

<p>Thermal and solar protection</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Enhanced thermal insulation</p> <p><input type="checkbox"/> Year round comfort</p> <p><input type="checkbox"/> Solar control</p> <p><input type="checkbox"/> Heatable glass</p> <p>Protect against excessive noise</p> <p><input type="checkbox"/> Enhanced acoustic insulation</p>	<p>Innovative interior design</p> <p><input type="checkbox"/> Cladding</p> <p><input type="checkbox"/> Decoration</p> <p><input type="checkbox"/> Privacy</p> <p>Safety and security glass</p> <p><input type="checkbox"/> Fire protection</p> <p><input type="checkbox"/> Security</p> <p><input type="checkbox"/> Protection against vandalism and breakage</p> <p><input type="checkbox"/> Safety</p>	<p>Low maintenance glass</p> <p><input type="checkbox"/> Self-cleaning</p> <p>Light effects</p> <p><input type="checkbox"/> Extra-clear, light maximising</p> <p><input type="checkbox"/> Electrically operated</p> <p><input type="checkbox"/> Anti-reflective</p> <p><input type="checkbox"/> One-way vision</p>
--	--	--

Fig. 6.11

esempi di strutture informative rese disponibili dai produttori agli operatori del mercato edilizio. [fonte: sito ufficiale di saint-gobain > area esperti].

- all'uso di sistemi e componenti che non hanno richiesto una *produzione su misura*, la quale costituirebbe, in termini manutentivi e di sostituzione di parti, un costo maggiore, rispetto a materiale che potremmo definire standardizzati o propri di determinate filiere e dunque più facilmente reperibili;
- alla progettazione di sistemi in cui è progettata l'accessibilità per le operazioni di manutenzione e tutte le informazioni relative sono accessibili e aggiornabili<sup>(24)</sup>.

Con riferimento ai casi studiati nel terzo capitolo della presente ricerca, si può allo stesso tempo sottolineare un'attenzione a diverse fasi del ciclo di vita di un edificio in progetti quali quello della *Swiss Re* a Londra, dello studio Foster & Partner dove la strategia manutentiva dell'involucro esterno è stata analizzata come parametro di progetto, alla stregua di altri. O ancora, nel progetto della *Piramide du Louvre*, dove il progetto e la realizzazione di vasche d'acqua in prossimità dei nuovi volumi ha risposto tanto a obiettivi di tipo scenografico, quanto a successive esigenze di mantenimento dell'aspetto delle superfici vetrate esterne ( si vedano gli approfondimenti nel capitolo tre relativi a questi progetti).

### I "clienti" che il progetto incontra

Il rapporto costi/benefici che il progetto si trova in questo contesto a gestire è descrivibile anche in termini di rapporto tra la salvaguardia dell'ambiente, il comfort interno e la qualità dell'ambiente interno e esterno (immediato) che ci si aspetta di attuare (che sono da sempre gli obiettivi primari del progetto di architettura).

Tali criteri di scelta derivano di fatto dal considerare nella fase di progetto la *qualità attesa* dei diversi attori coinvolti; in particolare il committente e l'utente finale.

Il committente si farà portatore, in parte, anche della qualità percepita dal futuro cliente e in misura maggiore se sarà direttamente coinvolto nella fase di gestione dell'opera. Ovvero cercherà di valutare la bontà dell'investimento non solo sulla base di parametri quantificabili, ma anche cercando di interpretare il valore aggiunto che il possibile acquirente attribuirà all'oggetto, nonché le variabili che concorreranno ai costi di gestione. L'utente finale infine ha esperienza, in quanto utilizzatore, di una qualità estesa nel tempo, che possiamo descrivere come rapporto tra il mantenimento delle caratteristiche

iniziali dell'oggetto e l'“energia” necessaria perché ciò avvenga.

Il “progettista” che nel contesto attuale intende applicare un approccio orientato in tal senso trova, almeno all'interno della filiera studiata, un numero cospicuo d'informazioni, anche se non sempre visibili e ben accessibili.

### 6.3.1 I contenuti dell'informazione

Nel caso specifico della filiera del vetro l'informazione che i produttori *leader* nel settore mettono a disposizione è spesso caratterizzata da un'interfaccia interattiva<sup>(25)</sup> all'interno della quale i prodotti risultano raggruppati per:

- tipo di applicazione;
- funzione;
- tipologia di vetro;
- famiglia di prodotti.

#### Primo livello di accesso alle informazioni

Lo scopo di questo primo livello informativo è quello di guidare l'utente alla comprensione dei diversi campi di impiego del vetro, in relazione ai requisiti che derivano dalle caratteristiche stesse del materiale o dalle esigenze rilevate nel rapporto con i progettisti.

#### Secondo livello di approfondimento

Il successivo approfondimento avviene nel momento in cui si opera una scelta all'interno di una categoria; ciascuna scelta infatti esclude alcune categorie di prodotti rendendo in questo modo immediatamente visibile un primo livello di compatibilità o incompatibilità tra funzioni diverse.

Questa organizzazione ha la finalità, evidentemente nell'intento del produttore, di mostrare all'utente i vincoli sottesi a ciascuna applicazione del materiale, alle condizioni d'impiego in rapporto all'uso e a diversi sistemi costruttivi. Questi vincoli possono essere approfonditi con l'ausilio delle schede tecniche e, infine, con il contatto diretto con il produttore stesso, o un suo rivenditore o un successivo trasformatore del materiale di base.

È esperienza comune, ad esempio, che il vetro non si presenti quasi mai sotto forma di singola lastra. Tale stratificazione è, entro certi parametri flessibile, ovvero è possibile agire modificandola in relazione alle esigenze del progetto, a patto che si conoscano i criteri alla base del sistema stesso. Tali



criteri sono di fatto vincoli che si presentano in numero maggiore proporzionalmente alle prestazioni che il vetro è chiamato a garantire.

## 6.4 Il ruolo dei criteri di sostenibilità ambientale

### 6.4.1 Definizione di obiettivi e controllo del processo progettuale

Nel modello informativo descritto le conoscenze che la filiera della produzione e lavorazione del vetro mette a disposizione appartengono a diverse classi di requisiti.

Tra questi nel contesto attuale svolgono un ruolo determinante, nella progettazione e realizzazione dei prodotti, i requisiti di sostenibilità ambientale quali:

- la quantità di energia primaria impiegata;
- l'emissione di sostanze nocive;
- il controllo del ciclo di riuso del prodotto stesso.

L'orientamento dei processi produttivi a questi requisiti avviene anche a scale molto differenti. Nel caso dell'industria gli obiettivi di sostenibilità ambientale sono perseguiti sia in riferimento al proprio processo produttivo interno sia in riferimento ai processi produttivi nei quali i propri prodotti saranno inseriti come, ad esempio, il processo edilizio.

Nell'ambito della presente ricerca si è inteso indagare questo secondo orizzonte, ritenendo che la conoscenza del primo possa essere approfondita solo in riferimento a obiettivi più ampi di politica industriale, sia delle nazioni sia interni alle singole filiere, tali da non essere coerenti con i limiti di ricerca individuati.

I mezzi e i metodi messi in campo dall'industria per controllare nei decenni passati e attualmente l'incidenza dei costi energetici di produzione, ad esempio, sul costo finale del prodotto, così come per valutare la fattibilità delle modifiche al sistema produttivo per ridurre tali costi non è un problema che si ritiene possa essere dibattuto in questa sede.

Al contrario comprendere in quale modo e con quali strumenti il mondo produttivo tiene monitorati i processi a valle della propria produzione, in vista degli obiettivi sopra citati, fornisce ulteriori strumenti per la comprensione dell'odierna organizzazione del progetto di architettura.

**Fig. 6.12**

Il ruolo del vetro negli edifici certificati LEED: *Comcast Center*, Philadelphia, Robert A. M. Stern Architects, 2008.

<b>Indoor Environmental Quality</b>		<b>287</b>
EQ Prerequisite 1	Minimum IAQ Performance	289
EQ Prerequisite 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	295
EQ Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	301
EQ Credit 2	Increased Ventilation	307
EQ Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan: During Construction	317
EQ Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan: Before Occupancy	323
EQ Credit 4.1	Low-Emitting Materials: Adhesives & Sealants	333
EQ Credit 4.2	Low-Emitting Materials: Paints & Coatings	337
EQ Credit 4.3	Low-Emitting Materials: Carpet Systems	341
EQ Credit 4.4	Low-Emitting Materials: Composite Wood & Agrifiber Products	345
EQ Credit 5	Indoor Chemical & Pollutant Source Control	353
EQ Credit 6.1	Controllability of Systems: Lighting	357
EQ Credit 6.2	Controllability of Systems: Thermal Comfort	361
EQ Credit 7.1	Thermal Comfort: Design	365
EQ Credit 7.2	Thermal Comfort: Verification	369
EQ Credit 8.1	Daylight & Views: Daylight 75% of	373
EQ Credit 8.2	Daylight & Views: Views for 90% of	383
<b>Innovation in Design</b>		<b>389</b>
ID Credit 1–1.4	Innovation in Design	391
ID Credit 2	LEED Accredited Professional	395

**Fig. 6.13**

indicatori di qualità che il progetto può incontrare, secondo il sistema LEED, mediante l'impiego della tecnologia del vetro.

[Fonte: LEED, *Reference guide. Contents, 2005*].

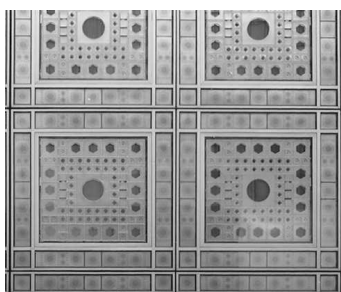
L'industria adotta, attraverso il modello organizzativo scelto, strategie di innovazione nella ricerca e nella produzione in relazione ai requisiti che gli interlocutori a valle ricercano nel proprio operare. Attraverso il modello informativo che ne consegue i contenuti informativi entrano poi in un successivo processo che, se adeguatamente monitorato, permette nel tempo di implementarli e migliorarli.

L'incidenza dei requisiti ambientali nel settore delle costruzioni è evidenziata dal costo energetico associato all'uso degli edifici. In Europa il 28% dei consumi di energia è attribuito all'industria, il 30% ai trasporti, il 40% alla fase di uso degli edifici<sup>(26)</sup>.

Le filiere produttive dunque che operano nella produzione di materiali e componenti impiegati in edilizia condividono così un orizzonte critico dal punto di vista dei costi energetici associati.

In particolare per la filiera del vetro questo stato di cose è reso più centrale dal fatto che il materiale entra, per lo più, in sistemi di involucro che per primi sono responsabili del bilancio termico di un edificio.





**Fig. 6.14**

esempi di involucri progettati secondo una diversa interoperabilità *edificio-utente*: involucro sigillato, Kursaal, San Sebastian; integrato con sistemi elettronici per il controllo del flusso luminoso, *Institute du monde Arabe*, Parigi; integrati con *daylighting systems* in parte operabili, *Debis Tower*, Berlino.

## 6.4.2 Il contenimento dei consumi energetici e la filiera del vetro

L'attenzione che i produttori di vetro riservano al tema è ben evidenziata dalla tipologia di prodotti nuovi immessi sul mercato. Un quinto dei prodotti recentemente commercializzati appartiene alla categoria dei vetri o dei tessuti in fibra di vetro con potenziate capacità di isolamento termico e di integrazione in sistemi per il controllo dei consumi energetici negli edifici<sup>(27)</sup>.

*“Le positionnement stratégique de Saint-Gobain sur le marchés de l'habitat implique une exemplarité sans faille sur les questions d'environnement e de développement durable”.*<sup>(28)</sup>

La capacità della filiera di produrre materiali che rispondano sempre di più alle necessità espresse dal mercato è diretta conseguenza di tre fattori principali :

- il migliorato controllo delle caratteristiche chimico-fisiche del materiale;
- la caratteristica compatibilità del vetro con gli altri materiali;
- la flessibilità d'impiego del materiale che lo rende idoneo all'integrazione con sistemi costruttivi anche molto diversi.

Appartengono infatti a questo orizzonte di ricerca i vetri autopulenti, i vetri cromo genici e i vetri che assicurano rinnovate prestazioni di controllo del flusso luminoso e termico. Negli edifici il comportamento termico dell'involucro è dato dal rapporto tra le superfici opache e quelle trasparenti. I progressi tecnologici nella produzione dei materiali, nel loro impiego e nella verifica delle condizioni progettuali stabilite ha permesso la diffusione della tecnologia del vetro in aree climatiche molto differenti.

Ciononostante, “Nell'edilizia diffusa il rapporto tra superfici opache e trasparenti è dettato da ragioni economiche che inducono ad attestare tale rapporto sui minimi previsti dai regolamenti locali<sup>(29)</sup>.”

L'innovazione nella trasparenza delle lastre continua ad essere un campo d'indagine fortemente esplorato anche in ragione degli obiettivi ambientali.

## 6.5 Il ruolo dell'utente nella fase di progetto

I casi studio analizzati nel capitolo tre sono stati scelti con l'intento di evidenziare i molteplici fattori che spingono oggi ad un largo impiego della tecnologia del vetro. Tra questi rientra il tema della valorizzazione



dell'illuminazione naturale per la qualità degli ambienti interni degli edifici e per il possibile contenimento dei consumi di energia elettrica che ne consegue. Il tema della trasparenza del materiale diviene in questo caso ancora più rilevante mentre, conseguentemente, il rapporto con il sistema costruttivo adottato diviene più delicato.

Ciò che emerge è, in generale, come la scelta d'impiego di lastre più trasparenti (con un minor contenuto di ferro) si accompagni a una maggiore integrazione di sistemi impiantistici e di controllo solare di facciata, sia che l'involucro venga concepito permeabile sia sigillato.

Le prestazioni così garantite da sistemi mono-strato in cui il vetro è presente sotto forma di vetro basso emissivo, come nel caso precedente, vengono in questo caso garantite da sistemi tecnologici più complessi e tendenzialmente più costosi, in termini costruttivi e manutentivi, poiché costituiti da più elementi.

Il progetto per la sede dell'*Institute du Monde Arabe* a Parigi è un esempio noto di questo atteggiamento, ma allo stesso modo lo sono progetti come il *Kursaal* a San Sebastian o la *Debis Tower* a Berlino (si vedano gli approfondimenti relativi a questi progetti nel capitolo 3).

Tra i fattori di diffusione della tecnologia del vetro stanno acquisendo un'importanza sempre maggiore gli obiettivi contemplati nella certificazione degli edifici sostenibili.

Le risorse che si attribuiscono alla tecnologia del vetro costituiscono, di fatto, un campo di ricerca sempre più esplorato nell'ambito di diversi sistemi di certificazione di sostenibilità degli edifici; ne sono un esempio le soluzioni costruttive per la valorizzazione dell'illuminazione naturale degli edifici e per il controllo del comportamento energetico degli stessi.

Il LEED *Leadership in Energy and Environmental Design* ne è un noto esempio.

Il campo d'indagine di questa come di altre "certificazioni di prodotto" è la percentuale di energia annualmente consumata dagli edifici, percentuale che si attesta intorno a un terzo dell'energia complessivamente utilizzata da paesi quali gli Stati Uniti, l'Inghilterra e in generale la Comunità Europea. Se si fa poi riferimento al solo consumo energetico di elettricità tale percentuale raddoppia<sup>(30)</sup>.

L'obiettivo dichiarato è quello di ridurre l'entità degli impatti ambientali che la filiera produce, in particolare in merito all'utilizzo di risorse primarie come il suolo, l'acqua, il petrolio, determinando in questo modo una riduzione dei costi di gestione e l'aumento del valore di mercato degli immobili.

Il vetro assume in tale contesto, tanto come materiale quanto come tecnologia, un ruolo importante nell'attuazione di molti degli obiettivi sopracitati; il valore aggiunto che gli si attribuisce diviene pertanto un tema centrale anche nella



comunicazione delle caratteristiche dei prodotti, sia da parte dei produttori sia dei progettisti.

## 6.6 Il rapporto tra l'informazione e il progetto: livelli di approfondimento

Lo studio finora condotto ha lo scopo di evidenziare la natura e la qualità delle informazioni che giungono alla fase di progettazione, nel processo edilizio, dalla filiera industriale. Si è osservato come tali informazioni rappresentino il modo in cui determinati filiere si organizzano e comunicano con i propri clienti i quali sono indotti, conseguentemente, ad organizzare la propria struttura produttiva in modo simile, al fine di rendere il dialogo efficace.

L'insieme di questi aspetti concorre a definire una parte degli elementi in ingresso (*input*) in relazione al progetto dell'opera costruita. Il progetto tuttavia è caratterizzato, contestualmente, anche da altri fattori. Decidendo di applicare un approccio per processi alla fase di programmazione e progettazione di un'opera, all'interno del processo edilizio, sono stati individuati come caratteristiche del processo decisionale la definizione:

- degli obiettivi del processo;
- del rapporto con i processi a monte;
- della qualità dei dati in ingresso;
- del rapporto con i processi a valle;
- della qualità dei dati in uscita.

### 6.6.1 Obiettivi del processo progettuale

Analizzato dal punto di vista di un'attività produttiva il progetto edilizio ha l'obiettivo di organizzarsi per soddisfare i requisiti relativi al prodotto che deve produrre.

Questi requisiti sono essenzialmente di tre tipi:

- requisiti cogenti;
- requisiti espressi dal cliente (il committente);
- requisiti non espressi dal cliente, ma definiti all'interno dell'organizzazione (dal progettista o dal gruppo di progettazione).

**Fig. 6.15**

Fasi del cantiere del grattacielo, *Le Shard*, Londra, Renzo Piano BW, in corso di costruzione.

[Fonte: l'autore, 2010]

Nei processi progettuali analizzati la definizione di questi obiettivi avviene nelle fasi iniziali di sviluppo del progetto (come è presumibile pensare) e assume, contrariamente in questo caso ad altri tipi di progettazione, l'aspetto di una "pianificazione" puntuale delle risorse e dei tempi necessari al raggiungimento degli obiettivi stessi; in altre parole vengono in questa fase definiti tutti i processi secondari correlati ad obiettivi predefiniti.

Tali obiettivi sono stabiliti in rapporto a quanto espresso dai diversi attori coinvolti, e in particolare dal cliente e dall'utente finale. Si riconosce in questo contesto al *progetto* la qualità di essere *pianificato* nelle fasi in cui si articola e, in molti casi, *in controllo*.

Quest'ultimo aspetto è definito, all'interno dell'orizzonte metodologico al quale la ricerca si riferisce, come il modo in cui vengono delegate le responsabilità e l'autorità per le attività di gestione al fine di assicurare risultati soddisfacenti. Questo approccio viene applicato contestualmente agli obiettivi che una singola organizzazione individua al proprio interno (i più immediati sono quelli relativi agli indicatori finanziari quali il fatturato, la diminuzione dei costi della struttura produttiva, il rapporto con i clienti, il numero e la qualità dei reclami, il costo delle varianti in corso d'opera ecc.) e che riguardano risultati attesi nel medio e lungo termine e sono legati alla presenza e competitività di un'organizzazione nel mercato di riferimento.

Contestualmente il modello organizzativo descritto viene applicato ad obiettivi di breve termine come, nel nostro caso, la produzione di un singolo progetto.

### 6.6.2 Il rapporto con i processi a monte e la qualità dei dati in ingresso

È stato rilevato come il tipo di organizzazione promossa dagli attori della filiera della produzione e lavorazione del vetro influenzi i rapporti che si instaurano tra gli attori nella fase di progettazione dell'opera.

A questo risultato ha contribuito la complessità che da sempre caratterizza l'impiego della tecnologia in esame nel progetto di architettura. Il rapporto con i sistemi costruttivi a secco, in particolare del ferro e dell'acciaio, i costi elevati di produzione e l'organizzazione del cantiere sono alcuni dei fattori che hanno determinato un tipo di organizzazione pianificata e in controllo.

Le conoscenze trasmesse dal produttore al progettista costituiscono alcuni dei dati di input alla progettazione i quali vengono riorganizzati sulla base di:



**Fig. 6.16**  
Fasi del cantiere del grattacielo, *Le Shard*, Londra, Renzo Piano BW, in corso di costruzione.  
[Fonte: l'autore, 2011]



- requisiti relativi al prodotto;
- progettazioni precedenti;
- conoscenze specifiche degli attori coinvolti.

Il grado di approfondimento che caratterizza poi tali conoscenze risulterà conseguenza dei processi trasformativi a valle del progetto: la costruzione; la gestione in uso; la fine vita dell'opera.

Le caratteristiche sopra descritte si manifestano in contesti precisi quali l'Inghilterra, la Francia o la Germania dove ciò che risulta innanzitutto condiviso tra la filiera della produzione industriale e i processi successivi è il significato del termine *qualità* associato ai processi costruttivi.

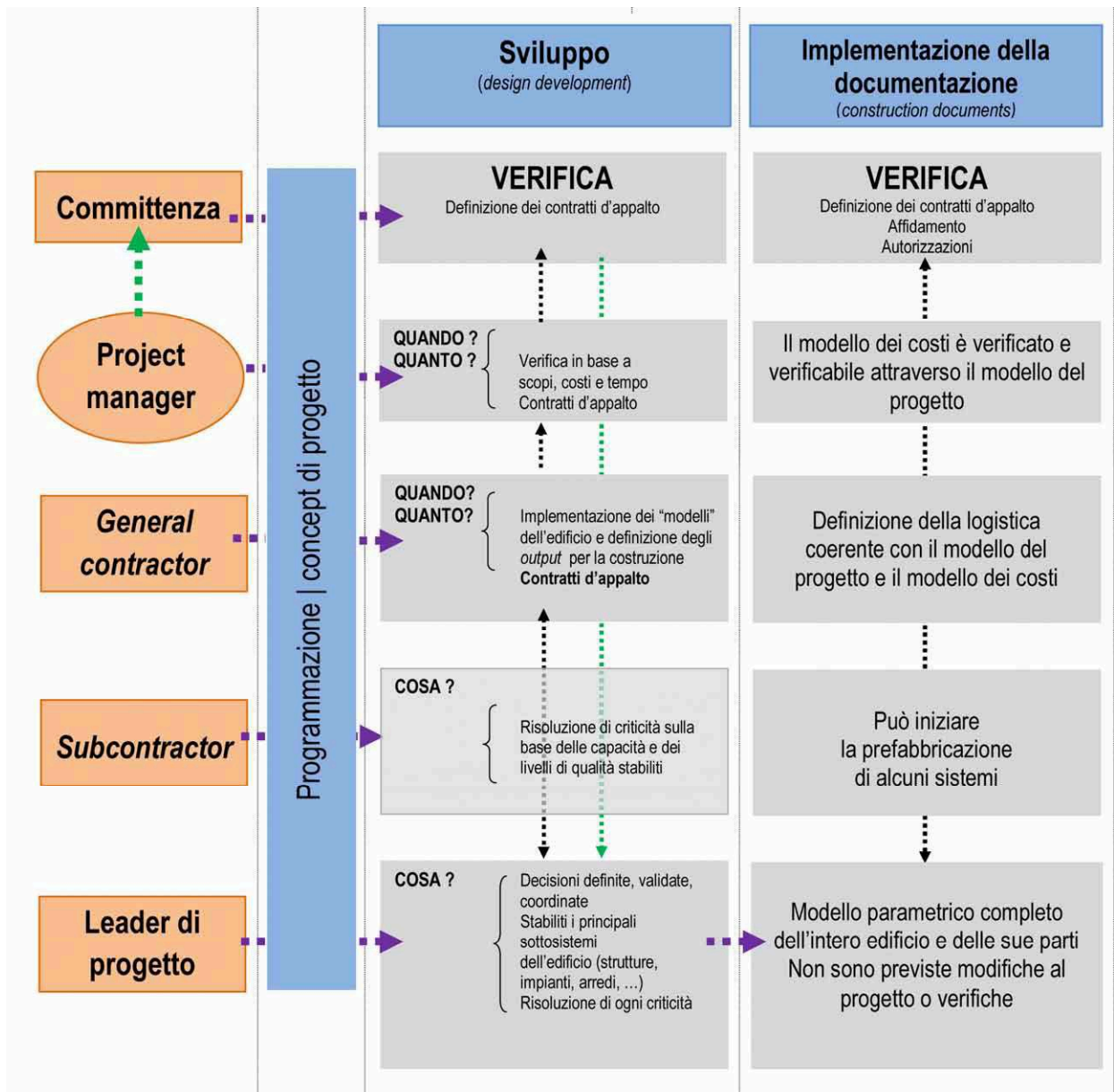
Al termine "qualità non viene infatti associato, come nell'accezione comune, il significato di "migliore", in ogni senso astratto, bensì di "migliore per soddisfare certe condizioni dei clienti, sia che il prodotto sia tangibile (come un'automobile) o intangibile (come il servizio sanitario) <sup>(31)</sup>.

Tra le condizioni di interesse per i clienti vi è oggi, definito in termini generali, l'effettivo costo del ciclo di uso e di fine vita dell'opera, che comprende la stima della durabilità del manufatto.

Lette in questi termini le *condizioni* a cui si accennava si specificano in:

- le specifiche dimensionali e le condizioni di esercizio (di materiali, componenti, sistemi);
- gli obiettivi di vita (durabilità) e di affidabilità;
- i requisiti di sicurezza;
- gli *standard* di riferimento;

**Fig. 6.17**  
Grattacieli a Londra: a sinistra *Le Shard*, a destra l'edificio *Swiss Re*  
{l'autore, 2011}



**Fig. 6.18**

Il ruolo del *leader di progetto* e il rapporto con i processi a monte (l'industria di prodotti e componenti nella filiera del vetro piano) e a valle (fase di costruzione dell'opera, funzione del *general contractor* e del rappresentante della committenza)

[Fonte: l'autore. Per una lettura complessiva delle fasi del processo e del ruolo degli attori si rimanda all'appendice A]

- i costi di ingegnerizzazione (progettazione), di produzione e della qualità;
- le condizioni di produzione sottese al prodotto;
- le condizioni di installazione, gestione e i servizi correlati;
- l'utilizzo di energia e i fattori di conservazione dei materiali;
- gli aspetti ambientali e gli altri fattori correlati;
- i costi del funzionamento e i servizi correlati.

L'obiettivo della figura (o figure) preposta al coordinamento delle ipotesi progettuali è quello di acquisire tutte le *informazioni necessarie* alla stesura del progetto in *tempi utili* a definire il rapporto tra i costi del prodotto finale, i costi della progettazione e la qualità attesa.

Nei processi indagati questo *tempo* è identificato con la fase di *programmazione* e di prima definizione delle ipotesi progettuali dell'opera.

### 6.6.3 Il rapporto con i processi a valle e la qualità dei dati in uscita

Ciò che scaturisce dalla fase di progettazione dell'opera è, sostanzialmente, un insieme di istruzioni operative necessarie alla realizzazione del prodotto (l'edificio) e relative alle capacità organizzative e produttive dell'organizzazione che di quest'ultima si occupa; nel nostro caso il cantiere.

Gli indicatori che oggi si ritiene qualificano, in modo condiviso a diverse scale, il cantiere edilizio sono innanzitutto:

- la capacità di produrre secondo gli obiettivi di progetto
- la capacità di gestire i costi energetici di costruzione;
- la capacità di gestire i tempi di costruzione;
- la capacità di gestire gli scarti di costruzione.

Questi temi rivestono un duplice ruolo all'interno del progetto. In parte costituiscono elementi conoscitivi in entrata, frutto del *know-how* dei professionisti coinvolti i quali decidono nella direzione dei tre obiettivi sopracitati.

Sono tali ad esempio le scelte relative all'impiego di questa o quella tecnologia, scelte che in una prima fase derivano da caratteristiche intrinseche alla tecnologia stessa e dalle risorse che le si riconoscono.

Tali scelte tuttavia possono dimostrarsi percorribili o meno solo se si tengono in considerazione le condizioni di cantiere che ne derivano e la capacità e le conoscenze degli operatori coinvolti.

Le procedure operative (i disegni esecutivi, i capitolati d'appalto e i contratti di

fornitura ecc.) che conseguono a una pianificazione di questo tipo dovranno, infine, essere adeguatamente flessibili da potersi adattare a tempi diversi di cantierizzazione e a una molteplicità di operatori, complessa in rapporto alla quantità di professionalità coinvolte.

Alcune di queste caratteristiche sono espresse, nei casi studiati, anche dal committente, in particolare per quanto riguarda i tempi di realizzazione dell'opera e di entrata in esercizio della stessa.



## NOTE

(1) Le informazioni sono state tratte dalle seguenti fonti: sito ufficiale dell'azienda Drees & Sommer; motore di ricerca di società di servizi e prodotti per il mercato delle costruzioni, [www.structurae.de](http://www.structurae.de); RUSSELL, James S., "A striking presence on the Berlin Skyline, the Debis tower, by Renzo Piano building workshop, revives the skyscraper", in AA.VV., *Renzo Piano makes high-rise magic*, Architectural Record, n° 10, 1998, pp. 124-134.

(2) Con il termine "tradizionale" ci si riferisce, come nei capitoli precedenti, a un progetto concepito in modo lineare, nel quale il *leader* di progetto possiede, grazie alle caratteristiche dell'organizzazione che coordina, la maggior parte degli strumenti e delle conoscenze necessarie al controllo del progetto nelle diverse fasi.

(3) ECCHIA, Giulio e GOZZI, Giancarlo, "Organizzazione dell'impresa e processi decisionali", in *Mercati, strategie e istituzioni: elementi di microeconomia*, Bologna, Il Mulino, 2002, p. 161.

(4) *Ivi*.

(5) Si fa qui riferimento a quanto descritto nel capitolo quattro della presente ricerca.

(6) Le categorie informative individuate sono il risultato dell'analisi di quanto reso disponibile dai principali produttori di vetro individuati (Saint-Gobain; Pilkington and Brothers; PPG Industries; Ashai Group) nei propri siti *web* ufficiali.

(7) Pur non essendo ancora disponibili dati parametrici relativi all'*Embodied Energy* di edifici che impiegano diverse tecnologie costruttive, così come invece accade per la produzione di singoli materiali, è possibile affermare che l'impiego della tecnologia del vetro nel costruito è caratterizzato da filiere "costose" dal punto di vista dell'energia primaria necessaria, tanto a monte del progetto, la filiera industriale propriamente detta, quanto a valle, durante le fasi di progetto e realizzazione. Durante la prima infatti in virtù delle competenze coinvolte, degli strumenti d'analisi e controllo impiegati. Durante il cantiere per via dei costi di trasporto, di montaggio e gestione.

(8) BENNETT, David, *Grattacieli: come sono, dove sono, come si costruiscono gli edifici più alti del mondo*, edizione italiana a cura di Conti Flavio, Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1996, p. 120.

(9) Nella teoria della produzione sono fattori della produzione il lavoro, i beni capitali, le conoscenze, le materie prime ecc. ovvero, in generale, quei fattori sui quali è possibile attuare una trasformazione economica e che definiscono la tecnologia di produzione. La combinazione di tali fattori che ogni organizzazione sarà in grado di descrivere a seconda delle proprie caratteristiche risulterà come conseguenza del perseguimento "efficiente" e "efficace" degli obiettivi dell'organizzazione produttiva stessa. In ECCHIA, GOZZI, op. cit., p. 180.

(10) Si fa qui riferimento a quanto descritto in questo capitolo nel paragrafo "Il ruolo dei produttori e trasformatori del vetro" e nei successivi.

(11) Con tale espressione si intende la capacità di un'organizzazione di "essere in controllo", ovvero di saper governare, in tutte le fasi, le decisioni, individuando i fattori descrittivi di ciascun problema e le ricadute di ciascuna scelta.

(12) Da DEVOTO, OLI, *Dizionario della lingua italiana*, voce "industria".

(13) ECCHIA, GOZZI, op. cit.

(14) Da definizione di "processo" ovvero insieme di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in entrata in elementi in uscita al fine di aggiungere valore e "progetto", ovvero insieme di attività coordinate e tenute sotto controllo per realizzare un obiettivo, in UNI ISO 10006:2005, punti 3.3 e 3.5.

(15) Da DEVOTO, OLI, *Dizionario della lingua italiana*, voce "prodotto".

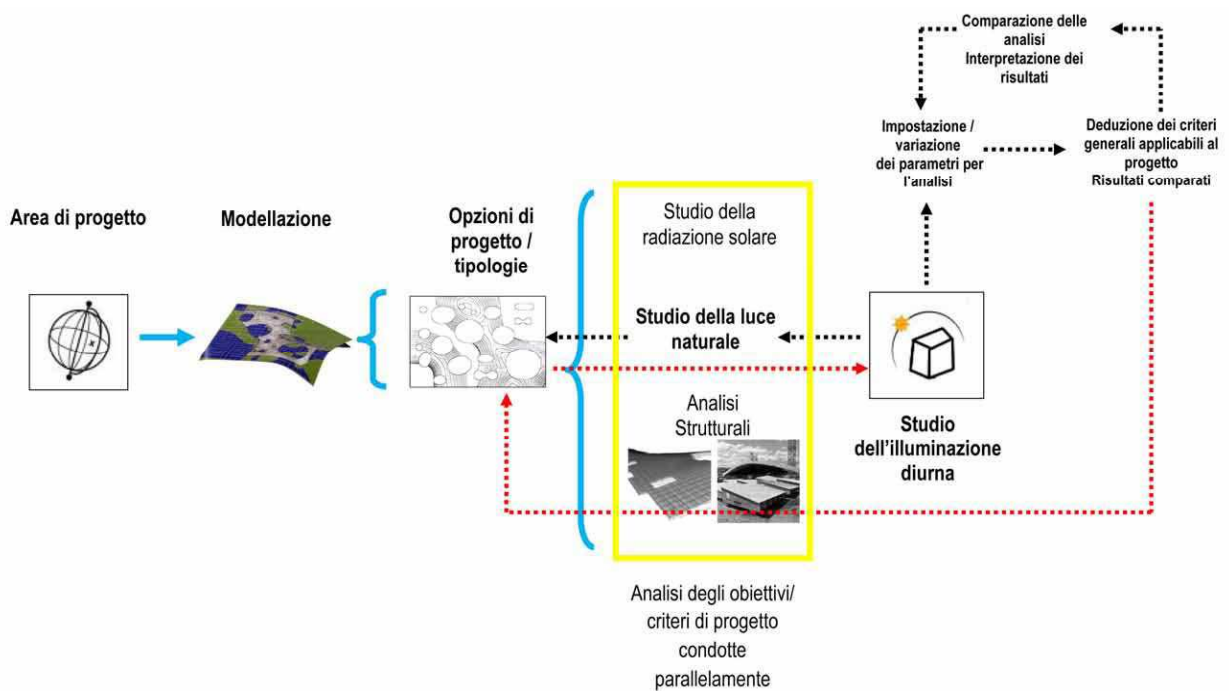
(16) Si fa qui riferimento alla prima versione della Norma UNI EN ISO 9001:1988.

## NOTE

- (17) DEL NORD Romano, "Premessa", in TORRICELLI; Maria Chiara e MECCA, Alessandro, *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Firenze, Alinea, 1996, pp. 9-11.
- (18) Software come "Revit" della azienda Autodesk sono infatti concepiti come piattaforme tecnologiche per il *progetto integrato* che rappresenta, attualmente l'avanguardia del dibattito sui temi trattati.
- (19) Si fa ancora una volta riferimento alla teoria della produzione nella quale ciascun progetto produttivo sarà tanto più efficacemente condotto quanto più l'organizzazione stessa sarà in grado di correlare le caratteristiche del prodotto a cui tende con le caratteristiche della propria filiera di produzione. Altrimenti detto, questo significa che ogni progetto per la cui realizzabilità fossero necessarie risorse che l'organizzazione non possiede o non sarà portato a termine o avrà un elevato costo.
- (20) "I problemi di qualità che si possono presentare sono di natura diversa e più difficili da controllare che non in una produzione industriale per serie, nella quale può considerarsi costante il sistema di variabili produttive, la qualità tecnico prestazionale può verificarsi su prototipi, i problemi ricorrenti possono essere oggetto di uno studio sistematico di relazioni causa-effetto." In TORRICELLI, MECCA, op. cit. p. 63
- (21) FIGINI Mario, *Dare valore alle esigenze dei clienti e dei dipendenti dell'azienda*, Franco Angeli, Milano, 2003, pp. 160
- (22) *Ivi*.
- (23) Così si esprimono i progettisti Jaques Herzog e Pierre de Meuron descrivendo il percorso progettuale che ha condotto al progetto per la *Elbphilharmonie* di Edimburgo. AA.VV., "A crystal in the Harbour. The glass facade of the Elbphilharmonie, Detail, n° 5, 2010, pp. 498-506.
- (24) COOK, Martin, *The design quality manual. Improving building performance*, Oxford, Blackwell, 2007, p. 188.
- (25) Inserisci rif. Web recente
- (26) European Union Directive on the Energy Performance of Buildings (EPBD2002/91/EC) e successive integrazioni al 19 Maggio 2010 quando *the European Parliament and Council* pubblica la Direttiva 2010/31/EU, contenente emendamenti al EPBD.
- (27) Dati desunti dal rapporto annuale delle attività, anno 2010, consultabile sul sito [www.saint-gobain.com](http://www.saint-gobain.com).
- (28) *Ivi*.
- (29) CAMPIOLI, Andrea e ZANELLI, Alessandra, *Architettura tessile: progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, Il Sole24 Ore, 2009, p. 134.
- (30) Fonte: LEED, v. 2.2, 2008.
- (31) FEIGENBAUM, Armand V., "The meaning of "quality", in *Total quality control*, Singapore, McGraw-Hill, 1991, p. 7



# Modelli di gestione della conoscenza 7



## 7.1 L'informazione come processo

Nel capitolo sei è stato in particolar modo affrontato il tema dell'organizzazione delle conoscenze in ingresso a un progetto d'architettura che impiega, principalmente, la tecnologia del vetro.

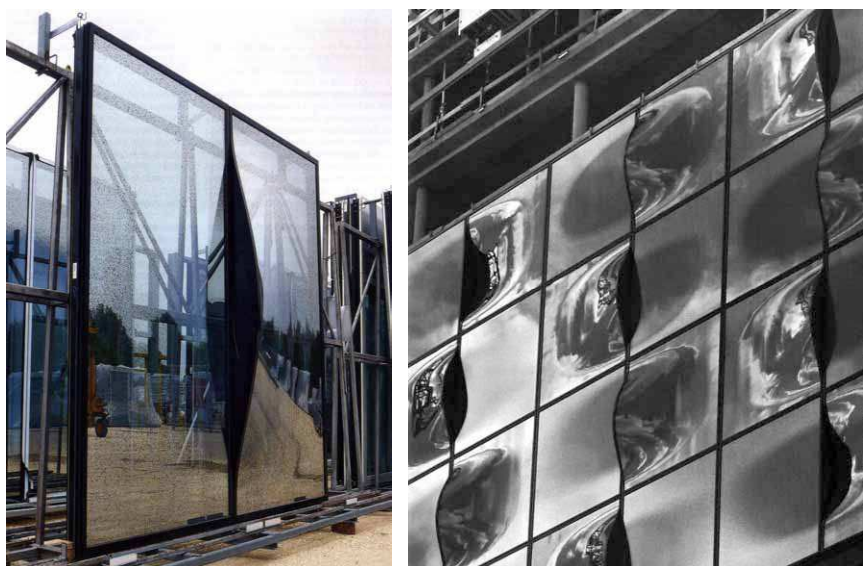
Questo flusso informativo che viene anche definito *input* di progetto è determinante nell'organizzazione del processo progettuale quanto i requisiti specifici del *prodotto* che si andrà a realizzare, compresi i vincoli di tempo, i costi e le risorse disponibili<sup>(1)</sup>.

L'accesso alle informazioni presenti in una filiera così specializzata risulta inoltre correlato, nel contesto attuale, al livello di conoscenza che i *leader* di progetto e i rispettivi *team* posseggono rispetto alla tecnologia indagata; questo si traduce in un coinvolgimento delle aziende produttrici in momenti diversi del progetto, in rapporto al livello di competenza che i progettisti possiedono, a cominciare dalla fase di programmazione dell'opera, oppure a specifiche esigenze del contesto del progetto.

È stato questo, ad esempio, il caso del progetto per la nuova *Elbphilharmonie* di Amburgo su progetto dello studio *Jaques Herzog e Pierre de Meuron*. Il peculiare involucro vetrato è infatti costituito da circa 1100 pannelli modulari in vetro, ciascuno dei quali misura dai quattro ai cinque metri in larghezza per oltre tre in altezza e complessivamente ricopre una superficie di oltre 21.500 metri quadrati<sup>(2)</sup>.

**Fig. 7.1**

Montaggio di uno degli elementi in vetro formato a caldo che compongono l'involucro esterno della *Elbphilharmonie* di Amburgo.  
[Fonte: Detail, 5, 2010]



L'eccezionalità del progetto ha richiesto, per dimensione dell'intervento e concezione dell'involucro, la stretta collaborazione con la società *Joseph Gartner GmbH*<sup>(3)</sup> per l'ingegnerizzazione del prodotto e con il produttore *Interpane Glas Industrie AG*.<sup>(4)</sup> Il particolare processo di formatura a caldo definito *gravitational forming glass*<sup>(5)</sup> ha permesso di ottenere una doppia curvatura in ciascun modulo di vetro laminato.

In una progettazione di questo tipo l'edificio si presenta come il risultato di "processi pianificati e interdipendenti"<sup>(6)</sup> e una azione compiuta all'interno di uno di questi influenzerà tutti gli altri. Tra questi modelli la gestione dell'informazione rappresenta un processo al contempo trasversale e indipendente e della cui efficacia risulterà garante il responsabile del *progetto* stesso.<sup>(7)</sup>

Questi temi sono oggi centrali nel dibattito sull'innovazione di processo nel settore delle costruzioni alla scala internazionale e si riferiscono ad alcune recenti esperienze di politica industriale che hanno come comune riferimento la norma ISO 1006:2003, che riprende i concetti di *qualità* come definiti nelle norme della serie ISO 9000, in riferimento alla fase specifica del progetto.<sup>(8)</sup> Secondo questo approccio sono sette i processi che parallelamente concorrono alla realizzazione del prodotto<sup>(9)</sup>, rispettivamente i processi relativi:

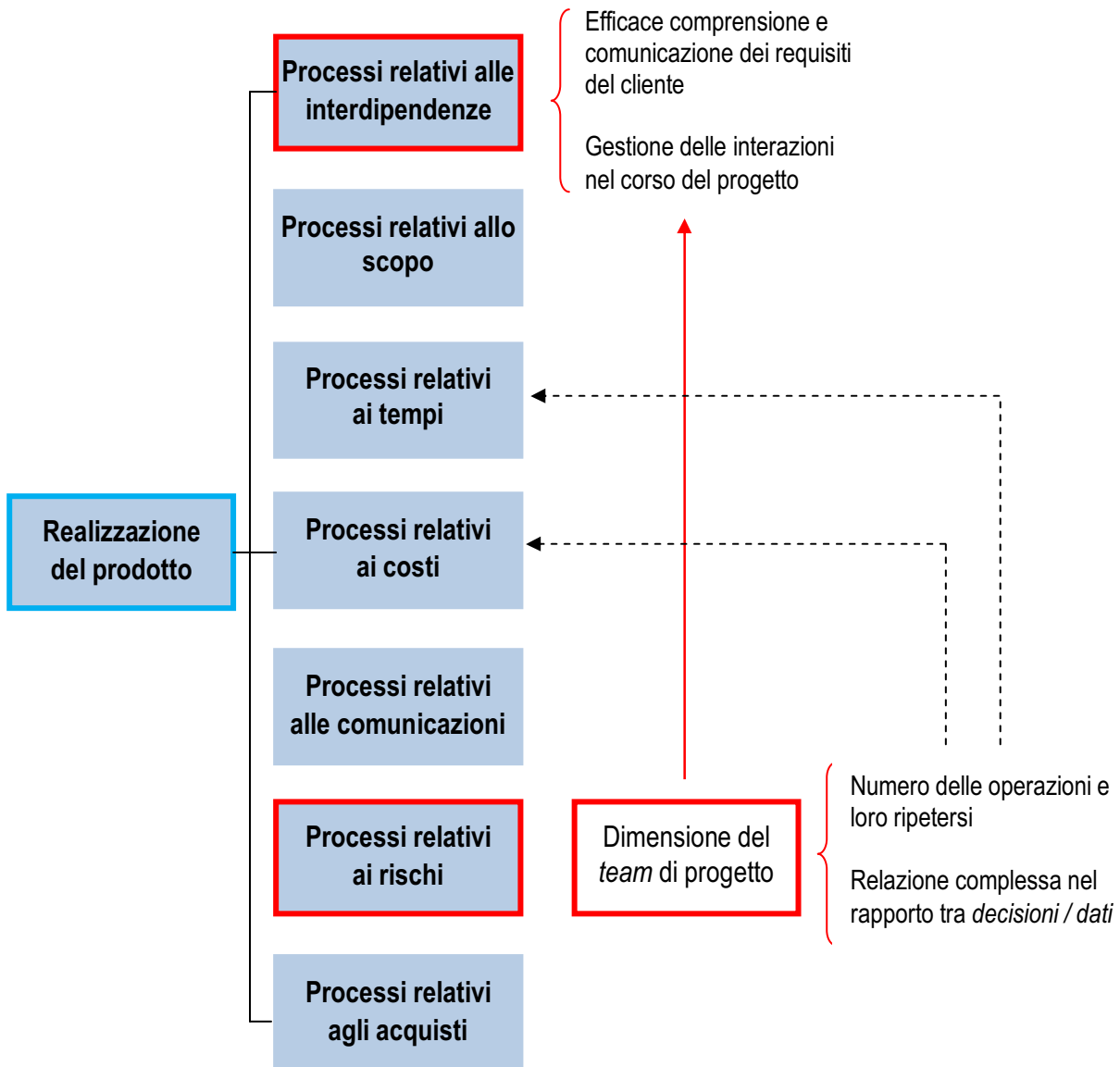
- (a) alle interdipendenze;
- (b) allo scopo;
- (c) ai tempi;
- (d) ai costi;
- (e) alle comunicazioni;
- (f) ai rischi;

**Fig. 7.2**

Processo di formatura della lastra in vetro laminato e preparazione dello stampo in ceramica. Elementi in vetro formato a caldo che compongono l'involucro esterno della *Elbphilharmonie* di Amburgo. [Fonte: Detail, 5, 2010]



Fig. 7.3





(g) agli acquisti.

Con riferimento alla filiera in esame sono risultati di particolare rilevanza i punti (a), (b), (e) e (f). Questi quattro aspetti discendono, infatti, dalla necessità di coordinare persone, azioni, strumenti e conoscenze diverse verso uno scopo comune (l'obiettivo del progetto come concordato con il cliente) con l'obiettivo di controllare i costi elevati che caratterizzano l'impiego della tecnologia del vetro, i fornitori di prodotti e servizi che è indispensabile coinvolgere (punto "g") in rapporto ai tempi stabiliti in fase di programmazione dell'opera<sup>(10)</sup>.

**Fig. 7.3**

Processi relativi alla realizzazione progettazione di un prodotto secondo la norma UNI ISO 10006:2005, *Sistemi di gestione per la qualità. Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti* Gestione della qualità e progetto; aree di maggiore criticità nel progetto della tecnologia del vetro applicata alle costruzioni.

[Fonte: l'autore]

### 7.1.1 Gestione della qualità del progetto

Parlare di qualità in edilizia due aspetti indipendenti, ma fortemente interrelati: la *qualità del prodotto*, ovvero la rispondenza delle caratteristiche di un prodotto a determinati parametri (assunti come riferimento, *lo standard*) e la *qualità del processo*, ovvero dell'insieme di strumenti necessari al governo del contesto nel quale un prodotto viene realizzato.

Se nel primo caso dunque l'attenzione è focalizzata su caratteristiche intrinseche e, per lo più, oggettive e misurabili, nel secondo caso si sposta l'attenzione su un tema, altrettanto centrale, ma diversamente quantificabile: la capacità di un'organizzazione di governare le conoscenze e di prendere decisioni.

Dai casi analizzati è emerso come tale gestione delle conoscenze sia legata a due principali aspetti:

- un organigramma degli attori coinvolti in cui è centrale la figura del *general contractor*;
- la presenza di un *team* di progetto allargato in cui un numero elevato di specialisti proviene da strutture esterne a quella a cui il *leader* di progetto fa parte.

### 7.1.2 Modello organizzativo e casi di *best practice*

Ne discende un modello decisionale e organizzativo che differisce da quello tradizionale lineare. Nel modello emergente infatti non si assiste a una sequenza ordinata di fasi in cui al termine di una corrisponde l'inizio della successiva e così fino al completamento del progetto, bensì a una sovrapposizione di fasi e dunque di competenze, che lavorano parallelamente con il fine di anticipare il più possibile le scelte progettuali e dunque ridurre i rischi di insuccesso del processo.

Un progetto condotto secondo questa finalità si basa sul presupposto di identificare la realizzazione di un prodotto come insieme di più processi, prima ancora di definire le modalità di consegna e le tempistiche del progetto stesso.

Il principale processo è quello della realizzazione del prodotto, che si compone essenzialmente di fasi di elaborazione e trasmissione/comunicazione delle decisioni assunte a tutte le parti coinvolte.

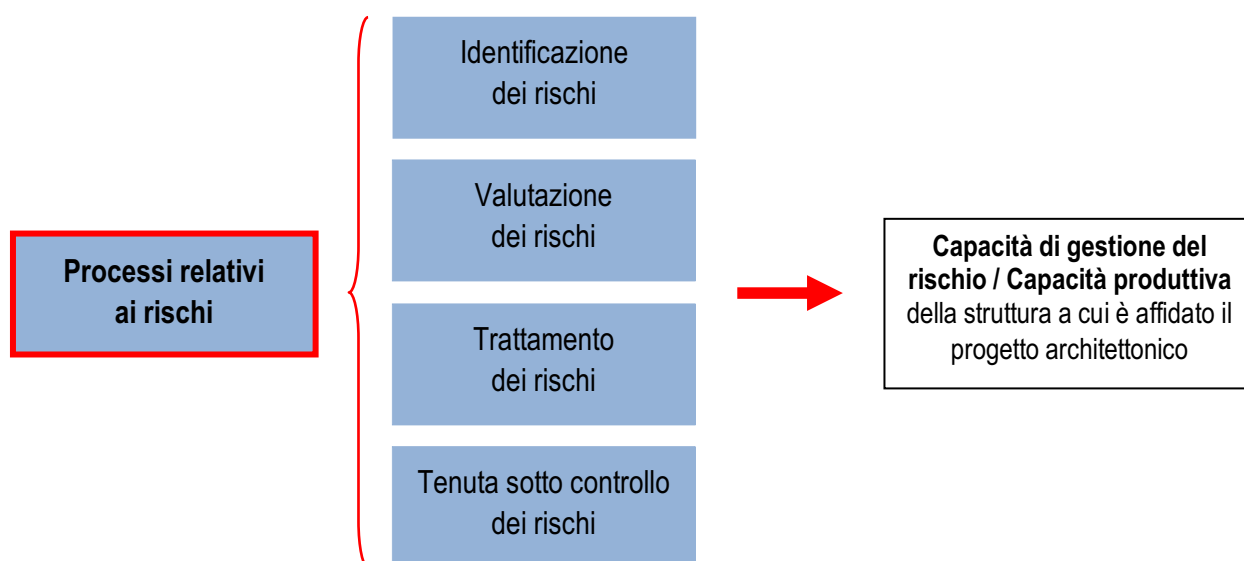
Le *modalità di consegna* in questo senso riguardano tanto il rapporto con gli attori esterni (l'appaltatore o *general contractor*) quanto le modalità attraverso le quali si assegna la responsabilità a un'organizzazione o a un individuo di fornire servizi di progettazione e costruzione.

Allo stesso modo la *gestione* si riferisce alle attività di pianificazione, organizzazione, monitoraggio e controllo di tutti gli aspetti che descrivono il progetto, nonché della motivazione di tutti gli attori coinvolti nello stesso<sup>(11)</sup>.

Ogni progetto dunque viene analizzato e scomposto in attività a ciascuna delle quali corrispondono *input* e *output*. L'insieme di queste informazioni via via elaborate costituisce il prodotto di un processo principale (quello della realizzazione del progetto specifico) e a sua volta l'input di un processo parallelo, che descrive l'andamento del primo e lo corregge secondo obiettivi generali. È in questo secondo processo parallelo a ciascun progetto che si creano le modalità per il miglioramento e l'accrescimento delle competenze della struttura produttiva.

Il ruolo di società che operano a livello internazionale come *general contractor* ben evidenzia questi aspetti. Tali società hanno assunto un ruolo competitivo di fronte agli investitori in virtù delle capacità che dimostrano nel saper gestire processi complessi, in cui la percentuale di errore e i rischi sono costantemente monitorati. Da ciò deriva l'affidabilità che si riconosce loro al di là delle competenze tecniche specifiche che, si assume, siano in possesso del personale dell'organizzazione.

A determinare questo insieme di competenze ha contribuito, innanzitutto, il ruolo ben definito di queste società all'interno della filiera del mercato delle costruzioni; a esse spetta il ruolo di coordinare e gestire le attività necessarie alla realizzazione di un'opera costruita, ponendosi come interlocutore intermedio tra il committente, i progettisti e i fornitori di prodotti e servizi.



### 7.1.3 Processi relativi ai rischi

Dal punto di vista della struttura a cui compete la progettazione architettonica dell'opera uno scenario come quello sopra descritto determina l'importanza rilevante dei *processi relativi ai rischi*, in quanto strettamente connessi al numero elevato di interlocutori, esterni e interni, che il *leader* di progetto dovrà coordinare. Per tutta la durata del progetto infatti, all'interno della filiera studiata, i rischi di insuccesso sono soprattutto legati alle interazioni tra le mansioni/funzioni, le quali costituiscono un numero maggiore di *interfacce* rispetto a un progetto tradizionale.

In questo contesto è centrale il tema della capacità produttiva. Nelle strutture industriali con tale termine si intende la potenzialità di lavoro della struttura stessa, spesso espressa in termini di volume prodotto su unità di tempo o, più estesamente, il livello di *output* che permette all'unità produttiva (in questo caso il team di progetto) di utilizzare i fattori della produzione nel modo tecnicamente ed economicamente più efficace<sup>(12)</sup>.

Questo secondo parametro assume oggi un valore fondamentale nella pianificazione di un qualunque processo edilizio. Pur non trovandoci di fronte, infatti, ad un processo di produzione in serie, bensì alla produzione di manufatti gli uni differenti dagli altri, la competizione si gioca, dalla scala locale a quella internazionale, sulla capacità del team di progetto di saper prevedere le risorse correlate a ciascuna progettazione e la rispettiva

**Fig. 7.4**

Nei contesti indagati la gestione del rischio di insuccessi ( e dunque in primo luogo di una progettazione non efficacemente condotta) è legata in particolare alla capacità della struttura cui spetta il progetto architettonico di saper individuare le risorse necessarie al suo svolgimento, ovvero all'analisi delle risorse interne.

UNI ISO 10006:2005, *Sistemi di gestione per la qualità. Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti.*

[Fonte: l'autore]

incidenza sui costi e i tempi della realizzazione del prodotto.

Le decisioni che vengono prese in merito a tale capacità si riflettono direttamente sulla qualità e quantità delle risorse da impiegare nell'intero processo. Ne consegue che la capacità produttiva è diretta conseguenza dei mezzi e dei metodi che un'organizzazione produttiva riesce a mettere in campo.

Questo modo di operare è applicabile tanto in quei processi progettuali dove si opera con l'intenzione dell'opera d'arte quanto in quei processi dove si opera sotto la spinta unicamente della redditività economico-finanziaria.

Già nel 1965 gli studi svolti presso il *Tavistock Institute* di Londra sui modelli di comunicazione che si sviluppano nell'ambito del processo edilizio evidenziano la necessità di correlare questi ultimi con la struttura dei modelli organizzativi e con la logica delle interrelazioni che si instaurano tra i partecipanti al processo, dal momento delle scelte iniziali fino a quello della realizzazione delle opere<sup>(13)</sup>.

Successivamente la presa d'atto della frammentarietà dell'industria delle costruzioni e della discontinuità dei flussi informativi spinse a ricercare forme più evolute di coordinamento e di controllo delle attività decisionali.

Fanno riferimento al medesimo campo d'indagine le diverse edizioni del *Plan of work* pubblicate dal RIBA nell'*Handbook of architectural practice and management* a partire dalla seconda metà del Novecento che hanno lo scopo di fornire agli operatori alcuni strumenti attraverso i quali gestire le risorse fisiche e intellettuali per lo sviluppo e la realizzazione di un progetto.

In ambito italiano è in particolare a partire dagli anni Settanta che questi temi si diffondono, grazie a studiosi quali D. Turin nel 1968 che con la ricerca dal titolo *Building as a Process* propone una valutazione comparata di modelli di processo, con lo scopo di porre in evidenza i diversi rapporti tra gli operatori del processo ed il ruolo che essi avrebbero svolto in futuro<sup>(14)</sup>.

L'insieme di questi studi aveva lo scopo di comprendere e trasferire esperienze che già da diversi decenni venivano elaborate negli Stati Uniti, con il fine ultimo di comprendere i nuovi modelli organizzativi e produttivi, anche nel settore delle costruzioni, e leggere conseguentemente il rinnovamento nelle professioni che progressivamente si verificava.

A partire dagli anni Ottanta nel nostro Paese l'interesse per questi temi è riemerso parallelamente al diffondersi delle normative internazionali sulla gestione della qualità dei processi, quali le già citate norme della serie ISO 9000. Gli studi condotti da ricercatori quali Maria Chiara Torricelli all'Università di Firenze o, in tempi più recenti, da Maria Antonietta Esposito nello stesso Ateneo, mostrano come anche in un contesto più frammentato, dal punto di vista degli operatori, come quello italiano sia ancora di interesse la lettura dei

processi decisionali e di comunicazione in specifici contesti di progetto<sup>(15)</sup>.

Questi studi si sono tradotti in strumenti di supporto decisionale con riferimento, in particolare per gli studi più recenti, al modello ISO 1006:2003.

Per modello di processo si intende la sequenza ordinata delle operazioni che portano dalla decisione di realizzare un intervento edilizio alla sua attuazione e l'insieme di tutte le risorse conoscitive (dunque competenze e professionalità) e dei mezzi strumentali che sono necessari per portarlo a compimento. Oggi a questi obiettivi si aggiunge la necessità di un impiego ottimizzato di tutte le risorse necessarie e disponibili.

Quest'ultima esigenza coinvolge tutti gli attori all'interno del processo edilizio: il legislatore evidenzia, attraverso le proprie agenzie operanti sul territorio<sup>(16)</sup>, la necessità di una gestione ottimizzata delle risorse destinate al controllo dello sfruttamento di risorse e della crescita sostenibile nei territori di competenza; il progettista vive le difficoltà di un mercato sempre più saturo nell'offerta e sempre più esiguo nella domanda, tale da porre al centro del dibattito il tema della competitività degli studi professionali rispetto al proprio mercato di riferimento; infine il produttore deve mediare tra i precedenti interlocutori, proponendo un'innovazione adeguata alle capacità organizzative del mercato al quale si riferisce.

L'attuale scenario rappresenta la ragione per cui gli studi sui modelli organizzativi all'interno del processo edilizio possono considerarsi attuali, ma non solo. Attraverso questo studio si può leggere come a una mancanza di approccio per processi alla progettazione possa corrispondere la perdita del ruolo del progettista come regista del percorso progettuale. L'esempio della filiera dell'impiego del vetro in architettura è per questo emblematico. L'insieme di specialisti che la caratterizza evidenzia come alla mancata volontà, da parte dei progettisti, di confronto con tutti gli aspetti del progetto sin dalla fase ideativa corrisponda non solo il rischio maggiore di insuccesso del progetto ma anche il suo sottostare, nelle fasi successive alla progettazione, a scelte tecnologiche, gestionali e dunque anche compositive non coerenti. Sono questi ad esempio gli effetti indesiderati derivanti dall'adozione di sistemi prefabbricati o di gestione delle fasi manutentive non previsti in fase di progetto e risultato di scelte unicamente di tipo economico.

Nel caso di paesi come gli Stati Uniti questi cambiamenti organizzativi nella filiera sono avvenuti in tempi molto più rapidi e già in decenni passati quando, in modo molto più sistematico, il trasferimento di modelli e tecniche decisionali dall'industria al processo edilizio è stato avvertito come l'unico mezzo per alimentare un rapporto paritetico tra i professionisti di entrambi i settori e dunque per il mercato stesso.

**Fig. 7.5**

I fondamenti teorici dell'*Integrated Project Delivery*: Mc Leamy curve.

In contesti in cui l'iniziativa privata è, in percentuale, maggiore rispetto a quella pubblica si assiste a un interesse per l'utilizzo più efficiente e efficace delle risorse impiegate tanto che chi detiene le competenze di tecnica economica e finanziaria e gestionale è coinvolto fin dalle primissime fasi della programmazione al fine di direzionare il processo decisionale.

## 7.2 Dal progetto tradizionale al progetto integrato

Il modello proposto nella norma ISO 1006:2003 è alla base dell'attuale riflessione sul tema del *Progetto Integrato* che rappresenta un metodo di approccio ai problemi complessi, in particolar modo caratterizzati dalla presenza di un numero elevato di attori e conoscenze da coordinare verso un obiettivo comune.

Nel 2005 all'annuale Congresso Nazionale del *American Institute of Architects* Patrick MacLeamy presenta, in qualità di amministratore delegato della Hellmuth-Obata-Kassebaum<sup>(17)</sup>, il grafico riportato a lato per descrivere la tempistica, nell'uso delle risorse, nelle tipologie di progetto definite *Integrated Project Delivery (IPD)*.

Il grafico mette in relazione le tipiche fasi temporali di un processo costruttivo e le correla con i costi legati alle decisioni prese, di volta in volta, dagli attori del processo. Il grafico mostra chiaramente come le decisioni prese nelle prime fasi della progettazione corrispondano a costi, dell'opera, minori e a una maggiore capacità di incontrare gli obiettivi della progettazione. L'anticipazione delle decisioni relative a un progetto sottende la necessità di coinvolgere contemporaneamente le competenze diversificate di più professionisti, tutti quelli che la progettazione specifica richiede e relativamente alle principali aree progettuali individuate, in particolare relative a quegli aspetti legati ai costi del ciclo di vita di un progetto.

In un processo di questo tipo alla fase iniziale di concettualizzazione del progetto si accompagna quella definita di *Project Delivery Selection*, durante la quale vengono definiti i tempi e i modi degli output progettuali e viene scelto il *team di progetto*. Questa pianificazione è ritenuta fondamentale per il successo del progetto stesso.

Una progettazione così concepita e definita *integrata* si fonda sul presupposto di integrare persone, sistemi, strutture economiche e tecniche in modo tale da creare un'effettiva collaborazione tra gli attori che partecipano al progetto, riducendo gli sprechi e ottimizzando l'efficienza.

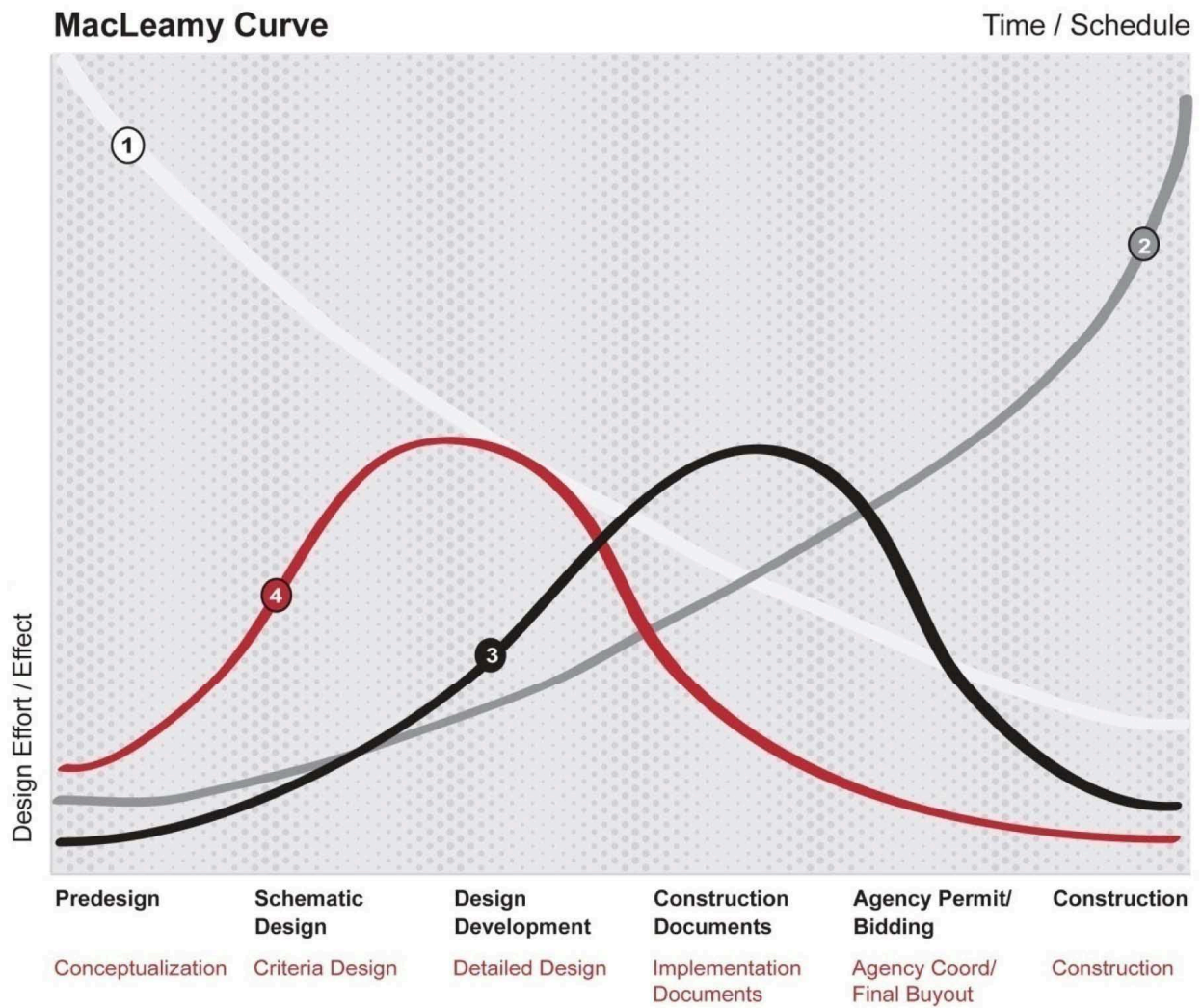


Fig. 7.5

- ① ability to impact cost and functional capabilities
- ② cost of design changes
- ③ traditional design process
- ④ Integrated Project Delivery Process



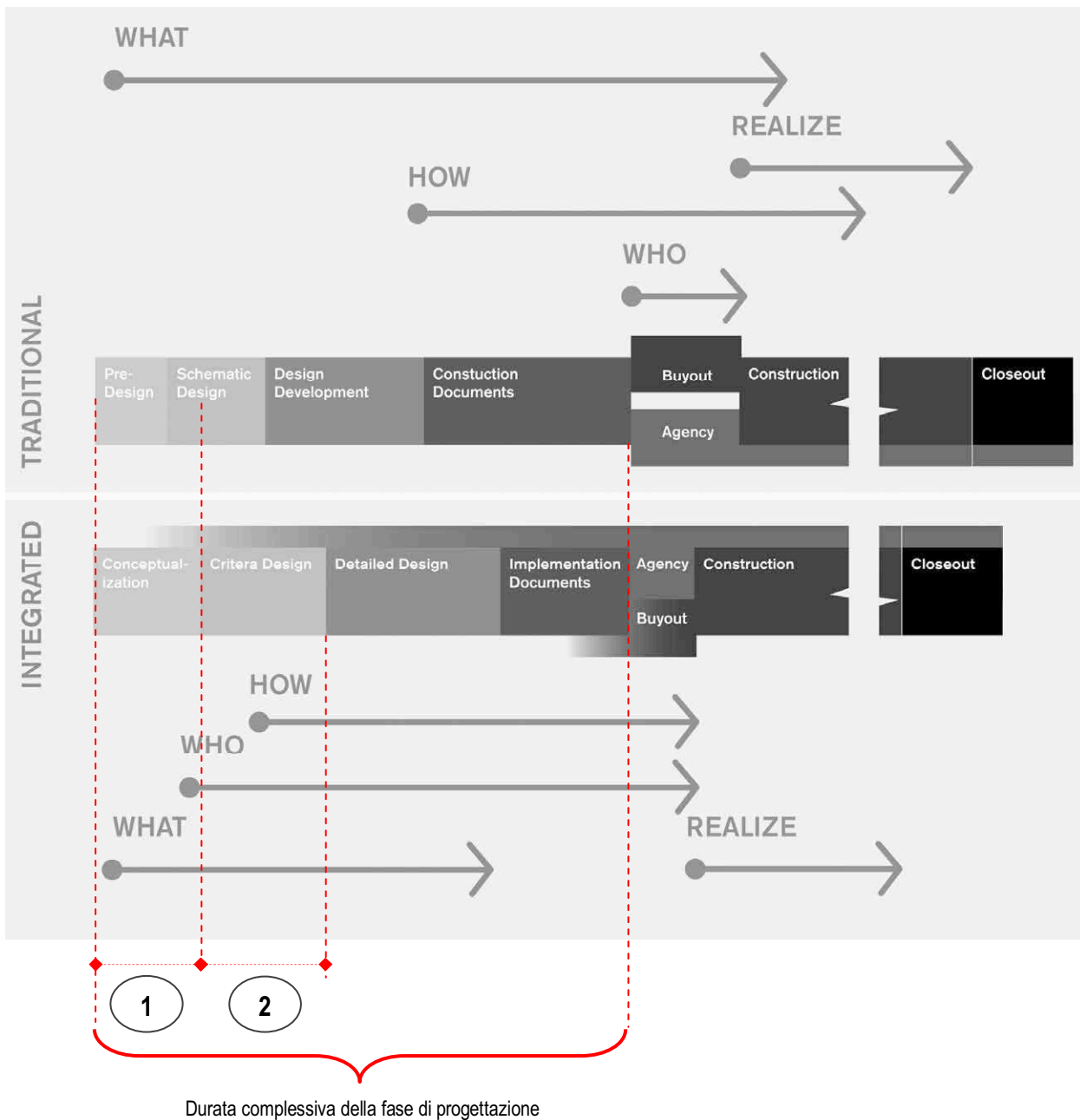


Fig. 7.6

1 Definizione degli obiettivi di progetto; lettura del problema progettuale per processi; analisi della capacità produttiva del team e della struttura incaricata; individuazione delle risorse esterne necessarie; definizione dei criteri di acquisizione delle risorse; parallela individuazione delle criticità/opportunità secondo vincoli di tempo e *budget*.

2 Progettazione di tipo parametrico: il *leader* di progetto progetta e gestisce l'interoperabilità tra i componenti interni e esterni del *team* di progetto.

[rielaborazione dell'autore con riferimento a: UNI ISO 1006:2005; *Integrated Project Delivery, a working definition*, AIA California Council, 2007; l'autore in Appendice A

## 7.2.1 I principi dell'*Integrated Project Delivery*

### Gli attori

Gli attori principali all'interno del processo costruttivo sono: il committente; l'architetto; i consulenti; l'appaltatore; i sub-appaltatori; i fornitori.

Il ruolo di questi ultimi può essere duplice all'interno di un progetto. Se il progettista e i consulenti possiedono tutte le conoscenze sufficienti, le competenze e l'esperienza per operare una scelta autonoma sulle tecnologie e i materiali che concorrono alla realizzazione del progetto, i fornitori saranno coinvolti, tradizionalmente, in una fase avanzata della progettazione.

Se invece, al contrario, il team di progetto non è in grado di operare scelte consapevoli, i fornitori saranno chiamati a collaborare, o almeno alcuni di essi, fin dalle prime fasi della progettazione e fino al cantiere.

Nell'ambito della tecnologia del vetro si è visto come alla necessità di colmare conoscenze che non si possiedono e che sono indispensabili alla progettazione si aggiunga quella del progettista ...

### Il ruolo dell'informazione

In un processo orientato in questo modo il tema della comunicazione all'interno del gruppo di lavoro e con gli altri soggetti coinvolti diventa centrale. Questo non solo in termini di contenuti (è necessario condividere innanzitutto gli obiettivi e i parametri che definiscono tali obiettivi) ma anche di modalità.

Piattaforme di gestione dell'informazione quali il *building information modelling* nascono, negli ultimi anni, dalla necessità di tradurre questa esigenza in strumenti informatici, che costituiscano la piattaforma di lavoro comune tra il team di progetto, il costruttore e i fornitori.

Il presupposto su cui tali ricerche si fondano è la constatazione di come il rapporto tra i soggetti coinvolti nel processo edilizio abbia assunto, per molto tempo e in modo uniforme al di là delle specificità dei contesti, il carattere non di una collaborazione tra le parti, bensì di una competizione<sup>(18)</sup>. Questo fatto ha determinato una naturale tendenza ad evitare i rischi, nel senso di non considerarli, anche a mezzo della stessa contrattualistica<sup>(19)</sup>.

Una progettazione integrata di questo genere ha lo scopo di ottenere:

- un aumento della qualità della progettazione attraverso simulazioni e analisi (anche matematiche) basate su modelli (di gestione);
- una migliore previsione dei costi attraverso ripetute e accurate

- valutazioni sui prezzi dei materiali;
- una diminuzione dei rischi legati agli errori e a cambiamenti in fase di progetto come risultato di 3D *interference checking*<sup>(20)</sup>;
  - un miglioramento nelle potenzialità già espresse dalle tecnologie prefabbricate e relative alla prevedibilità delle condizioni di applicazione;
  - il miglioramento dell'efficienza in fase di costruzione attraverso la visualizzazione e pianificazione delle tempistiche di cantiere.

### La motivazione da parte degli architetti

Molti se non tutti gli operatori del settore ammettono l'onnipresenza degli sprechi nella propria "industria" di riferimento, ma allo stesso tempo sembrano percepire la soluzione al di là degli scopi della propria formazione.

Può un nuovo modo di *business* che procura maggiore efficienza e minori sprechi aiutare gli architetti a divenire parte della soluzione?

Una recente studio condotto dalla McGraw-Hill sulla diffusione dei sistemi di *Building Information Modeling* evidenzia, più nel dettaglio, i *benefici percepiti* dagli architetti che hanno deciso di adottare questi sistemi come strumenti di lavoro e di rinnovamento della propria struttura organizzativa. Questi operatori associano, complessivamente, l'adozione di modelli di progettazione integrata alla possibilità di dotarsi di strumenti di programmazione e previsione delle variabili progettuali sempre più attendibili.

La presenza di decisioni prese non sulla base di una reale previsione delle "conseguenze" legate ad esse determina processi in cui *l'incertezza*<sup>(21)</sup> è una delle principali caratteristiche.

All'incertezza sono legati costi materiali e immateriale e, in generale, la capacità di successo di un progetto.

## Current BIM Investment Priorities

Source: McGraw-Hill Construction, 2010.

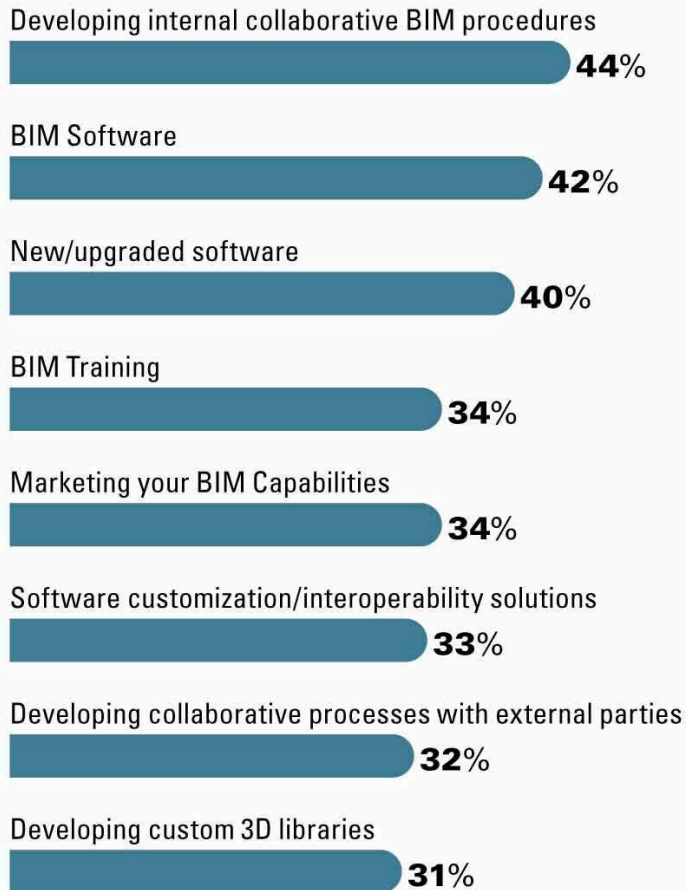


Fig. 7.7

*The business value of BIM in Europe. Getting Building Information Modeling to the bottom line in the United Kingdom, France and Germany, McGraw-Hill, 2010.*

Fig. 7.8

Modellazione parametrica per la definizione delle geometrie di produzione e posa dei moduli che compongono l'involucro della *Elbphilharmonie* di Amburgo.

Ciascun elemento geometrico è associato, nel modello di progetto, alle specifiche necessarie per il montaggio in opera. I dati sono estrapolabili dal modello su formato .xlf

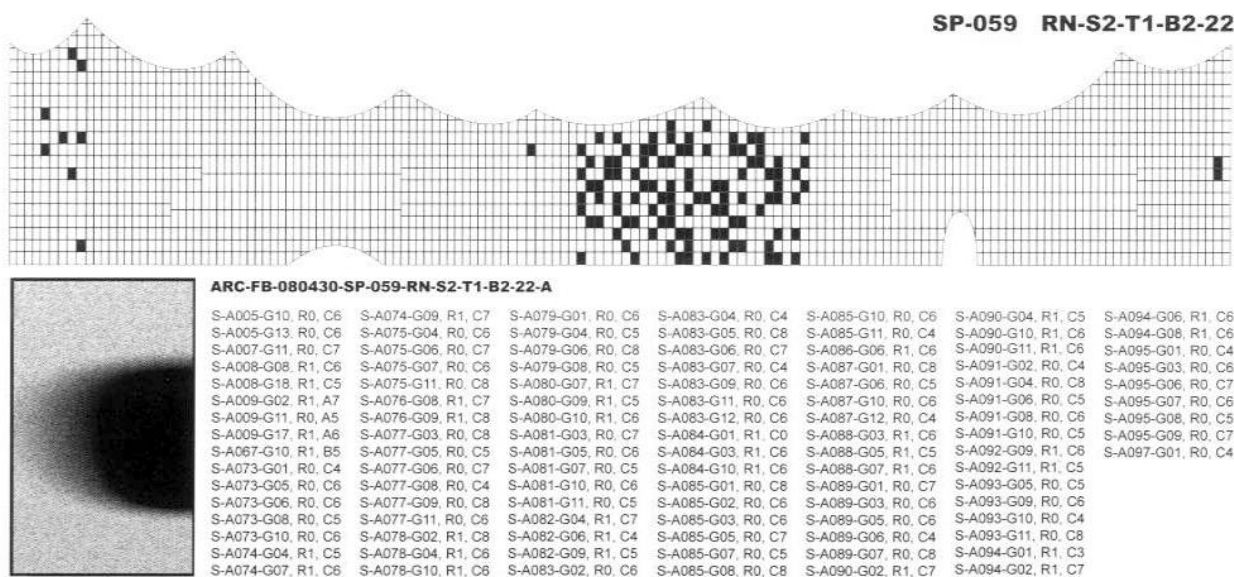
[Fonte, Detail, 5, 2010]

### 7.3 Le ricadute sui diversi “ambienti” che il progetto incontra: limiti e strumenti

Strutture organizzative di questo tipo hanno ricadute non solo i termini di competitività di mercato, ma anche sulla qualità dell'ambiente, naturale e artificiale<sup>(22)</sup>, sul quale agiscono. I presupposti di un progetto integrato:

- la capacità di leggere e gestire le variabili produttive<sup>(23)</sup>;
- la capacità di poter verificare la qualità tecnico-prestazionale del prodotto finito;
- la necessità di condurre uno studio sistematico delle relazioni di causa-effetto legate ad un avvenimento.

lo studio dell'applicabilità di modelli per la gestione della qualità al processo edilizio ha più volte sollevato, e ancora solleva, obiezioni circa la possibilità di “standardizzare” le condizioni operative in virtù di aggregazioni sempre differenti



di operatori e di procedimenti tecnologici adottati<sup>(24)</sup>.

Tuttavia contesti come quelli analizzati dimostrano la possibilità di tendere a modelli di lavoro condivisi, i quali sono il presupposto essenziale per l'analisi dei rischi connessi ad una qualsiasi attività. Perché ciò si verifichi occorre identificare quali variabili produttive descrivono la realizzazione di un progetto e le singole attività correlate<sup>(25)</sup>.

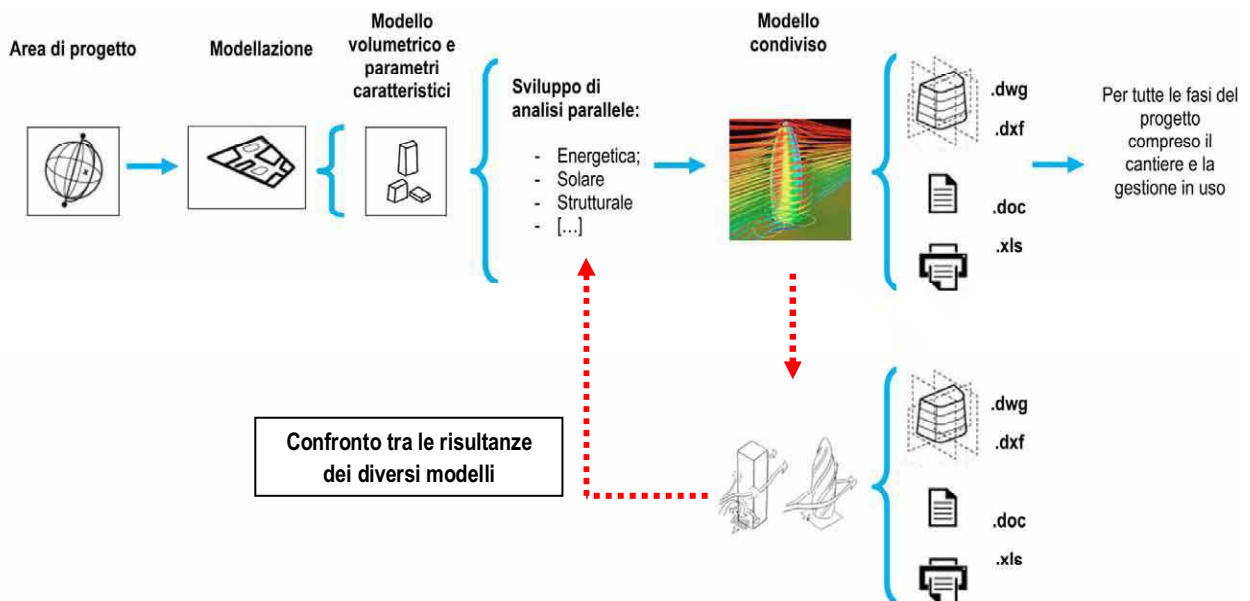
Quella che appare come la maggiore difficoltà espressa dagli operatori in un mercato come quello italiano è il raffronto tra la capacità produttiva dell'industria e la capacità produttiva delle piccole e medie imprese (compresi gli studi professionali) che operano nel mercato edilizio.

I fattori che determinano la capacità di un'impresa o uno studio professionale di fronteggiare un tipo di progettazione complessa come nel caso della tecnologia del vetro sono quantificabili anche in termini di costi. In questi ultimi saranno compresi quelli del lavoro del personale interno e esterno, che si traducono nei costi delle sperimentazioni necessarie sperimentazioni verificare la qualità tecnico-prestazionale del prodotto.

In tali costi ricadono quelli di produzione di modelli, reali o virtuali, del

**Fig. 7.9**

Fasi della modellazione parametrica e gestione del ciclo di vita dell'opera. Tipologie di *output* dal modello. [Fonte, rielaborazione dell'autore da: Autodesk, BIM services e CASE, Building Information Modeling (BIM) consultancy, New York City]



progetto stesso. Progetti come quello per la *Hong Kong Bank* mostrano come questa funzione fosse, nei decenni passati, svolta dai plastici di progetto, oggi spesso superata dall'adozione di modelli digitali tridimensionali.

Al contempo esempi come il progetto acustico per la nuova *Elbphilharmonie* di Amburgo richiedono ancora l'ausilio di modelli al vero, seppur in scala. Intervistato sulla collaborazione con lo studio Herzog & De Meuron Yasuhisa Toyota ha sottolineato come il modello in scala 1:10 della sala della *Elbphilharmonie* si sia rivelato indispensabile per verificare il rapporto tra la morfologia e la propagazione del suono.

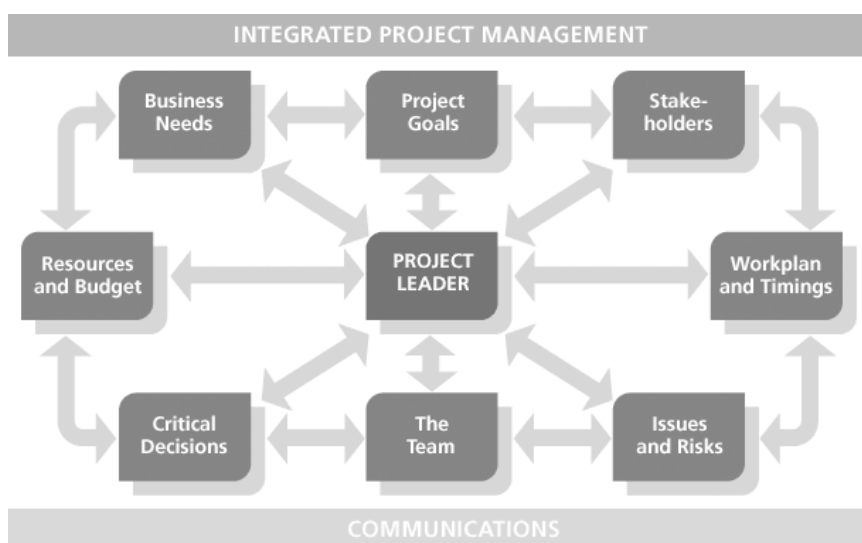
Al di là di specifiche esigenze, tuttavia, oggi si può affermare che la capacità di poter agire su un modello del reale è cresciuta, nel progetto di architettura, in modo esponenziale, grazie alla presenza di *software* per la modellazione tridimensionale e per la valutazione di variabili sia statiche sia dinamiche. Il ricorso inoltre a componenti standardizzati permette anche di inserire dati di *input* sempre più dettagliatamente descrittivi delle reali prestazioni in opera.

Chiaramente il livello di attendibilità della simulazione che sarà possibile raggiungere sarà limitato in relazione a:

- i costi di "sperimentazione" che il *budget* del progetto potrà sostenere;
- il grado di affidabilità del modello. L'architettura non può contare sulla

**Fig. 7.10**

Il ruolo del *leader* di progetto nel progetto integrato.





sperimentazione su prototipi. È tale infatti un nuovo modello di automobile che viene sottoposto, in scala 1:1, a tutti i test che si ritengono necessari per l'avvio di una nuova produzione. In questo senso i risultati dei test avranno un grado maggiore di affidabilità rispetto, per il momento, a test effettuati su modelli virtuali di un edificio o, nel migliore dei casi, su modelli reali in scala, sottoposti a test quali, ad esempio, la galleria del vento, la camera acustica o la simulazione di azioni sismiche.

In generale dunque la capacità produttiva a disposizione del progettista è aumentata, innanzitutto relativamente a due fattori della produzione:

- le macchine;
- i metodi.

Questi fattori sono due dei quattro macro gruppi individuati, nel corso degli studi di *Kaoru Ishikawa*<sup>(26)</sup> che elaborò intorno agli anni Quaranta del XX secolo una tecnica di gestione dei processi nell'ambito industriale per individuare le *cause più* probabili di un *effetto* o problema. Il diagramma, conosciuto anche come il diagramma "causa-effetto" è alla base degli attuali Sistemi di Gestione della Qualità<sup>(27)</sup>.

La progettazione integrata si fonda sul presupposto di poter trarre vantaggio dall'esperienza precedente con il fine di poter includere durante la programmazione del progetto modelli di analisi collaudati e abituali<sup>(28)</sup> (dunque divenuti uno standard), da poter eventualmente condividere con gli altri attori, attraverso opportuni strumenti.

Metodi di analisi come il diagramma di *Ishikawa* hanno appunto la finalità di consolidare l'esperienza e tradurla in efficienza durante tutte le fasi di sviluppo di un progetto.

Così da poter ricondurre, ad esempio durante la fase di gestione in uso di un edificio, un problema di mal funzionamento di una specifica tecnologia integrata in un sottosistema dell'edificio a:

- una progettazione errata; (metodi)
- una messa in opera inadeguata o un uso e una manutenzione non idonei; (persone)
- un difetto di funzionamento della tecnologia (macchine);
- un difetto in un componente specifico della tecnologia (materiali);
- una incompatibilità tra materiali (progettazione).

Il secondo limite che viene spesso citato circa l'applicabilità dei sistemi di gestione per la qualità è l'assenza di un'unica *leadership* di progetto. Per quanto infatti nella progettazione più complesse esista la figura di un "project manager" che è incaricato dalla committenza di seguire lo svolgimento del progetto e ha anche potere decisionale (in questo caso non ci si riferisce al responsabile di progetto nel team di progettazione ma a una figura terza che segue tutti gli operatori e fa le veci del committente, curandone gli interessi. Potremmo dire una sorta di amministratore delegato) il processo edilizio si caratterizza per la presenza di operatori aventi un duplice interesse. Innanzitutto quello relativo al progetto specifico e, parallelamente, quelli relativi alla "sopravvivenza" della propria realtà produttiva. Questo ha generato, come si accennava in precedenza, a situazioni di condivisione di interessi ma anche di conflitto, nel tentativo di garantirsi un maggiore profitto all'interno della filiera.

Questo fatto evidentemente è una condizione che non si verifica all'interno di una realtà industriale dove i profitti sono sempre legati all'insieme di attività che caratterizzano la filiera e all'interno di quella filiera non ci sono *competitors*. Nel processo edilizio invece si assiste, si potrebbe dire, a associazioni "temporanee" di imprese, temporanee quanto la durata di un progetto, fatto che si pone come un limite alla condivisione di parte degli obiettivi.

Gli strumenti oggi disponibili fanno in parte sì che tali limiti siano superabili in

contesti in cui la complessità progettuale è tale da compromettere la sostenibilità del progetto stesso ed è effettivamente legata a un grado di *interoperabilità* sempre maggiore dei mezzi di comunicazione tra gli attori.

Non è tanto dunque la presenza di fasi coordinate da diverse leadership a porsi come limite, quanto l'impossibilità di condividere obiettivi per un arco temporale maggiore di quello di un singolo progetto. In contesti molto strutturati questo fatto viene superato da collaborazioni, che si consolidano nel tempo, tra "aziende di servizi", quali possiamo considerare gli studi di progettazione architettonica e gli studi di ingegneria. L'esistenza di gruppi come la Ove Arup Associati, per l'ingegnerizzazione di impianti, strutture, processi, o la Toyota, per gli studi sull'acustica, evidenzia come anche nel campo dell'architettura si sia creata quella che viene definita "fidelizzazione" del fornitore, ovvero un rapporto che perdura nel tempo e per più progetti. Tale continuità diviene il presupposto per elaborare metodologie di lavoro comune che aiutino entrambi i soggetti a migliorare l'efficienza del rispettivo lavoro. In modo non molto diverso accade anche in filiere molto più piccole e per progettazioni più semplici quando, per vicinanza territoriale o per credibilità professionale architetti, ingegneri, impiantisti e fornitori di materiali ed opere tendono a lavorare nel tempo in modo continuativo.

#### **7.4 Come la gestione della conoscenza influenza i modelli organizzativi nel processo edilizio**

Lo studio dei contenuti dell'informazione e del modo in cui questa tende ad organizzarsi nel momento in cui viene trasferita da un soggetto all'altro, nel sistema produttivo edilizio, ha permesso di evidenziare diversi elementi di contatto tra il processo edilizio e altri contesti di realizzazione di prodotti e servizi.

Il presupposto della ricerca è stato, infatti, il considerare il processo costruttivo non dal punto di vista del processo creativo, che pure lo caratterizza, ma dal punto di vista di un'organizzazione che trasforma e produce, al pari di altre attività umane, elementi in ingresso in elementi in uscita, aventi un valore aggiunto.

Così come è possibile studiare, ad esempio, i modelli organizzativi di un'industria automobilistica, tessile o alimentare, solo per citarne alcuni, è possibile ricondurre le fasi produttive del settore delle costruzioni a modelli di comportamento, che permettano di leggere la direzione dell'innovazione.

L'orizzonte disciplinare a cui la ricerca si rivolge, dunque, è quello dello

studio della qualità dei processi, intendendo con ciò l'insieme delle caratteristiche che un'organizzazione possiede o tende a possedere per essere "in controllo" e per compiere scelte consapevoli, sulla base di "dati".

Il punto di vista che si è poi scelto di adottare è quello del progettista, incaricato di concepire e produrre gli strumenti necessari alla realizzabilità dell'opera. Lo stato dell'arte su queste tematiche ha evidenziato, in contesti diversi, come l'innovazione nel processo edilizio avvenga in modo più lento, rispetto ad altri settori, anche in virtù dei trasferimenti tecnologici che lo caratterizzano; in particolare dal punto di vista dei processi infatti non risulta il "luogo" dell'innovazione, bensì l'ambito in cui vengono acquisiti modi e strumenti elaborati in altri settori<sup>(29)</sup>.

Lo studio della filiera del vetro sino al suo impiego nelle costruzioni rappresenta un caso specifico coerente con questi presupposti. Il modello organizzativo elaborato in decenni di produzione e di studi sta, in questo momento, coinvolgendo sempre di più i settori a valle, quello del progetto e quello della costruzione dell'opera.

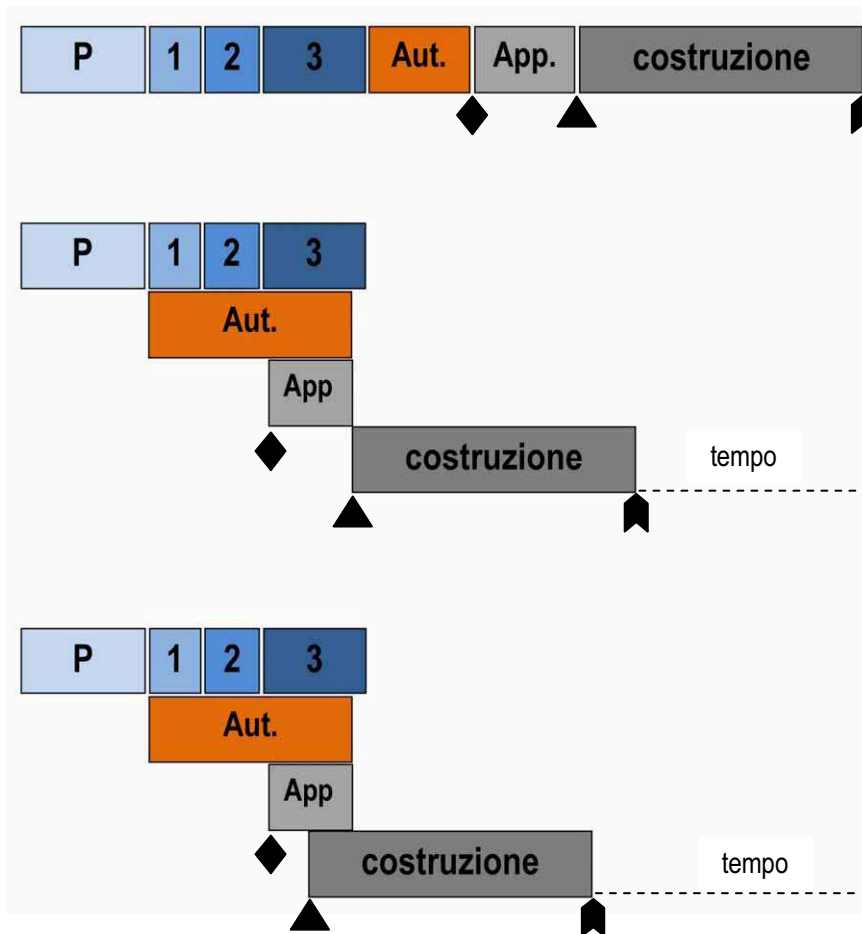
Si può leggere infatti un orientamento organizzativo paragonabile a quello esistente all'interno di un'unica realtà aziendale o, per dirlo seguendo le tendenze del mercato, di una multinazionale che acquisisce aziende minori, poiché in possesso di un'elevata e riconosciuta qualità dei propri prodotti, a cui poi trasferisce il proprio modello logistico.

Studiando l'innovazione in una filiera specifica si nota, nel momento in cui il produttore riversa il proprio prodotto in un secondo ciclo produttivo<sup>(30)</sup>, come le informazioni vengano organizzate dal punto di vista, in particolare, del contenuto secondo il modello che il produttore ha deciso di adottare all'interno della propria struttura produttiva.

Tale modello rappresenta solo in seconda istanza il modo in cui si svolge l'attività aziendale poiché è, innanzitutto, il modello interpretativo con cui la direzione dell'azienda comprende il proprio mercato di riferimento e si relaziona con esso. Questo modo di procedere viene costantemente valutato in rapporto ai "fattori della produzione", che possono essere fissi o variabili, e successivamente tradotto in istruzioni operative, le procedure<sup>(31)</sup>.

Negli studi condotti sul tema della qualità del processo nel processo edilizio i rischi di no qualità sono, in generale, associati, a tre fattori principali:

- la costante variabilità dei fattori produttivi;
- l'accuratezza con cui è possibile verificare la qualità tecnico-prestazionale dei prodotti;
- la difficoltà (discendente dai primi due punti) di condurre uno studio sistematico delle relazioni di causa ed effetto.



**Fig. 7.11**

Le fasi di un processo costruttivo tipo *fast-track*.

**P.** Programmazione dell'opera

**1.** Concept design

**2.** Sviluppo

**3.** Implementazione della documentazione

**Aut.** Iter autorizzativo

**App.** Procedure di affidamento lavori

[Fonte: O'LEARY, 2011]

Si confrontino con gli allegati A1 e A2.

Fast Track Construction

*Is It Too Good To Be True? Can It Really Deliver?*

Arthur FAIA, MRIA, Design Cost Data, [www.dcd.com](http://www.dcd.com)

## 7.5 Gli indicatori di qualità dell'informazione

### 7.5.1 L'informazione come *standard*

Il contesto delle costruzioni è soggetto a un numero elevato di vincoli normativi che si presentano sotto forma di cogenze nazionali o internazionali, come nel caso delle norme Comunitarie.

Tali vincoli rappresentano il livello minimo di qualità che viene riconosciuta accettabile in ciascuna materia; da questo punto di vista vengono considerati standard, cioè modelli di riferimento.

Accanto a questi divengono inoltre standard tutti quei contenuti che sono considerati indispensabili per una efficace comunicazione con i propri clienti e che rispondono dunque alla qualità attesa o percepita che un'organizzazione ha saputo leggere.

Considerare l'informazione come uno standard apre due quesiti principali:

- la condivisione dei contenuti;
- le modalità di condivisione e implementazione.

### 7.5.2 L'informazione parametrica per la gestione del ciclo di vita dell'opera

Nel contesto attuale le informazioni che risulta necessario veicolare all'interno dell'intero processo sono, sempre più di frequente, legate alle fasi principali del ciclo di vita di un edificio. In generale, dunque, ciò che gli operatori devono saper gestire è l'importanza relativa che hanno fattori quali:

- condizioni di compatibilità tecnologica di sistemi/prodotti;
- risorse per programmare la qualità, verificarla e mantenerla nel tempo;
- capacità produttiva degli operatori a cui sono affidati cicli, intermedi, di trasformazione del prodotto.

In tale contesto il "ciclo di vita del prodotto" diventa un modello di *interoperabilità semantica*, cioè una struttura condivisa per lo scambio delle informazioni, che è presupposto essenziale per lo scambio e la condivisione efficiente e efficace delle informazioni.

### 7.5.3 La direzione dell'innovazione nella gestione della conoscenza: l'interoperabilità dei sistemi

Una volta definiti i sottoinsiemi del contenuto complessivo che si vuole venga trasferito occorre, continuando a valutare le possibilità di industrializzazione del processo edilizio, stabilire in quali modi e con quali strumenti veicolare le informazioni, al fine di minimizzare gli sprechi, ovvero il ripetersi di operazioni e di lavoro, e assicurare un miglioramento continuo dell'organizzazione stessa.

Tali sono oggi i presupposti sul tema dell'interoperabilità, non solo dei sistemi informatici, ma delle organizzazioni stesse. Con tale termine si identifica la capacità di sistemi e organizzazioni di lavora insieme. Infatti mentre inizialmente il termine fu coniato nell'ambito dell'*information technology* oggi definisce, in senso più ampio, la capacità di scambio delle informazioni, non esclusivamente alla scala dei sistemi informatici.

Nel contesto attuale si sta infatti cercando di capire sino a quale livello è possibile riprodurre all'interno del settore delle costruzioni ciò che avviene all'intero di un'azienda: la condivisione delle procedure e delle piattaforme di lavoro.



**Fig. 7.12**

L'utente nel progetto integrato.

[Fonte, rielaborazione dell'autore da: Autodesk, BIM services e CASE, Building Information Modeling (BIM) consultancy, New York City]

## 7.6 Le ricadute sugli attori coinvolti

### 7.6.1 Il progettista

In un contesto come quello analizzato diventa sempre più complesso per il progettista mantenere la "leadership" del progetto, cioè essere l'effettivo regista delle fasi che portano alla realizzazione dell'opera e il principale motore delle scelte.

Questo fatto, nell'ambito della filiera studiata, è innanzitutto legato al grado di consapevolezza e di organizzazione che contraddistingue le fasi produttive a monte del processo progettuale. Chi opera nell'industria del vetro non solo detiene le conoscenze circa la compatibilità tecnologica dei sistemi in commercio correlati al proprio prodotto (come espresso nel punto 7.2), ma anche gli strumenti per comprendere i "fattori produttivi" delle organizzazioni che operano a valle del processo, in particolare nella fase di costruzione.

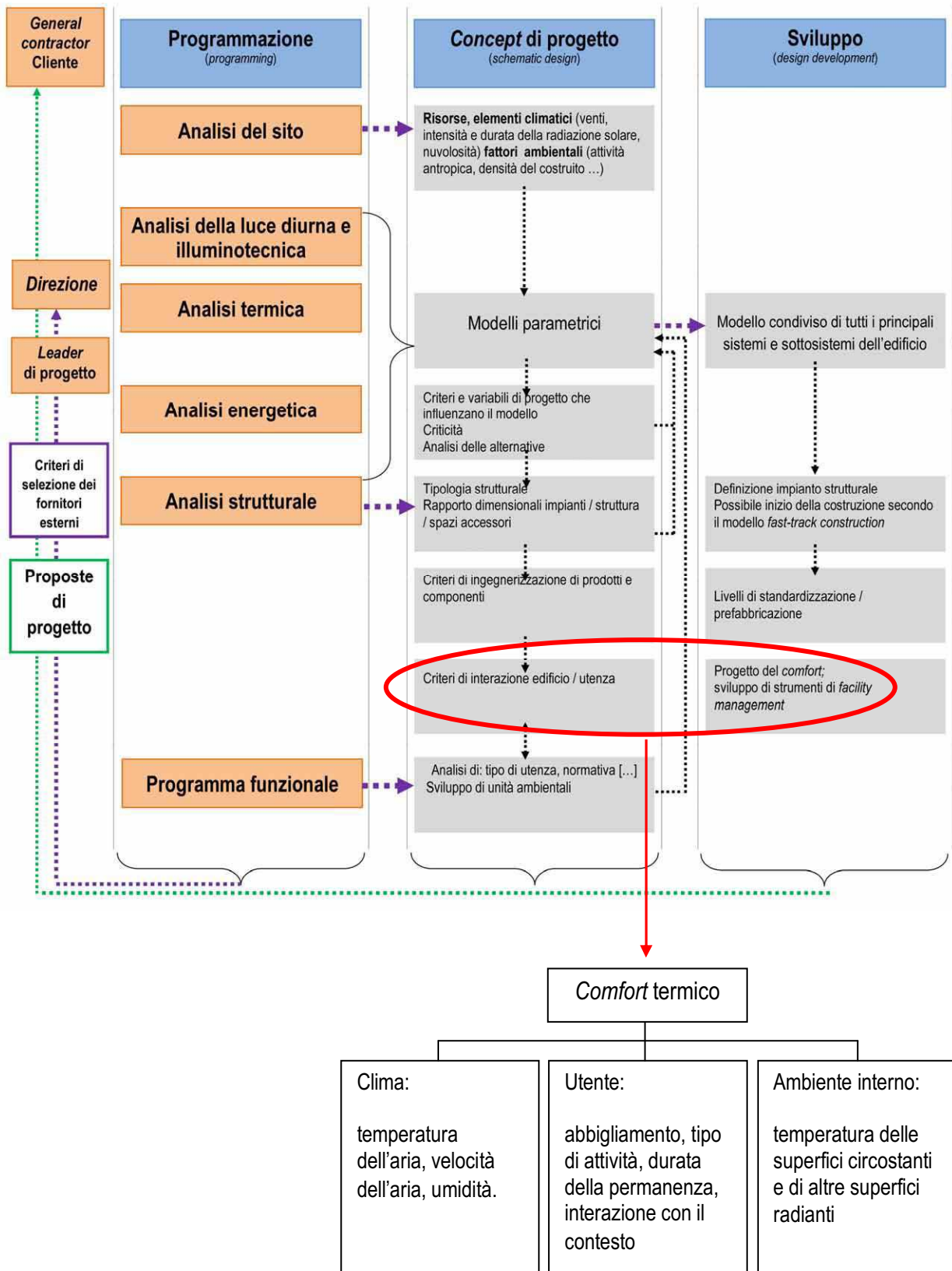
Il progettista dunque che intenda approcciare questo modello operativo sarà impegnato su due ambiti di processo contemporaneamente: la produzione degli output definiti per ogni fase di un progetto e la comprensione e il miglioramento nella condivisione delle informazioni con gli altri professionisti coinvolti, che non appartengono direttamente alla sua struttura produttiva.

In questo modo alla fase di concezione del progetto corrisponde non solo il "cosa" deve essere costruito, ma anche il coinvolgimento di quanti più attori possibili, una prima selezione di tecnologie necessarie per lo sviluppo del progetto (se ad esempio la valutazione di parametri ambientali di tipo dinamico sarà un obiettivo di progetto, occorrerà possedere o sapere dove trovare le conoscenze necessarie alla gestione dei parametri relativi) e una valutazione dei costi delle tecnologie individuate.

In breve tempo cioè è definita una struttura dei costi, ovvero di tutte le voci di spesa, per macro categorie, che verranno poi successivamente dettagliate. Infine viene definita la tempistica della realizzazione dell'opera.

A questa fase segue poi un periodo durante il quale vengono comparate soluzioni diverse rispetto agli obiettivi individuati e tali soluzioni vengono valutate attraverso modelli dell'edificio e modelli di costi. Questo porta in molti casi a favorire logiche di prefabbricazione.

La fase centrale di sviluppo del progetto è una fase più lunga e più costosa di un progetto tradizionale, poiché la finalità è quella di risolvere quanti più conflitti possibili e ridurre al minimo la quantità di operazioni non pianificate che il cantiere gestirà e non solo. In questo periodo del progetto verranno redatti



tutti i documenti necessari alla definizione delle operazioni di cantiere e alla programmazione delle fasi di gestione in opera dell'edificio.

### 7.6.2 Il committente

L'analisi di progetti campione nel capitolo precedente ha evidenziato, al di là delle specificità che ciascun intervento possiede, il ruolo determinante dei diversi attori coinvolti, dalla fase di ideazione a quella di esecuzione e gestione dell'opera. Innanzitutto il ruolo svolto dalla committenza.

Essa appare infatti, nella maggior parte dei casi individuati, sotto una duplice veste: consapevole e attivamente coinvolta nelle dinamiche progettuali o, viceversa, non esplicitamente partecipe delle decisioni progettuali, ma in possesso dei più aggiornati strumenti di pianificazione e gestione finanziaria.

Il profilo che ne deriva è quello di un committente in grado di comprendere e valutare processi complessi e, soprattutto, disposto ad accollarsi i rischi connessi a ingenti investimenti finanziari. Di contro, là dove la committenza non è privata, ci si trova di fronte ad un attore pubblico in possesso del potere di legiferare in materia di pianificazione del territorio e programmazione di grandi opere.

In un processo tradizionale il committente si assume il rischio di non qualità derivante da un rapporto non diretto tra il progettista e il costruttore. Di fatto il committente è colui che riceve un progetto e lo assegna a chi dovrà realizzare l'opera. In un progetto integrato il livello di rischio diminuisce a partire dal presupposto di poter coinvolgere, fin dalle prime fasi, progettista e costruttore su un'area di lavoro comune.

La motivazione che spinge il committente a questo tipo di integrazione è, nonostante da questo spesso discendano costi di progettazione maggiore, la probabilità maggiore di previsione dei costi. Il committente poi che percepisce i costi del ciclo di vita di un edificio percepisce anche il vantaggio di ottenere, come frutto della collaborazione tra i professionisti coinvolti, un *database* di dati che in ogni momento potrà essere interrogabile, aggiornabile e a cui saranno legati modelli di costi, modelli operativi e previsioni statistiche.

Da questo spazio di lavoro condiviso potranno derivare, inoltre, tutti i documenti necessari a chi gestirà l'edificio (*facility manager*), gli strumenti di valutazione dello stato dell'edificio, i livelli di *comfort* associati a categorie d'utente e i modelli di valutazione relativi all'uso (*post occupancy evaluation*).

## 7.7 Conclusioni

L'indagine condotta sull'attuale qualità d'impiego del vetro in architettura ha evidenziato, innanzitutto, una tendenza all'innovazione del processo nell'ambito delle relazioni tra gli attori coinvolti.

I diversi fattori che concorrono alla complessità nell'uso e nella gestione delle tecnologie indagate concorrono, come nel caso più contemporaneo della riflessione sulla sostenibilità del costruito, a coinvolgere tutte le parti interessate (compreso l'utente, nella forma dell'utilizzatore finale) fin dalle fasi iniziali della progettazione.

Questo fatto rappresenta un'opportunità per il progettista (incaricato della progettazione architettonica), ma al contempo un onere in termini di tempo e costo. Diviene dunque indispensabile *progettare*, contestualmente al tema costruttivo, *la capacità dell'organizzazione di soddisfare i requisiti del progetto*, definiti dal rapporto con la committenza e con le scelte specifiche che si intende perseguire nella progettazione, nonché *la qualità attesa* dalle parti coinvolte.

Le innovazioni di prodotto che ne conseguono esprimono, in tale contesto, una rinnovata capacità del progettista di poter influenzare e guidare le scelte nei processi a monte e a valle del processo edilizio: l'industria e il cantiere.

Questo tipo di ricadute rappresenta, in senso ampio, un obiettivo generale del progetto d'architettura contemporanea, indipendentemente dalle dimensioni dell'oggetto con il quale ci si confronta. Pertanto seppur il modello organizzativo emerso sia legato alla complessità dello scenario indagato l'autore ritiene che sia possibile una trasferibilità anche a contesti *più tradizionali*. Ciò che infatti si ritiene tenderà a modificarsi sarà la struttura delle piattaforme software necessarie all'interoperabilità dei sistemi, ma non il progetto dell'interoperabilità.

## NOTE

<sup>(7)</sup> Da definizione di "progetto" in UNI ISO 10006:2005, *Sistemi di gestione per la qualità. Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti*, punto 3.5.

<sup>(2)</sup> Per una complessiva lettura degli aspetti progettuali affrontati nel progetto per la nuova *Elbphilharmonie* si rimanda alla scheda SP.3.10, in appendice al capitolo 3.

<sup>(3)</sup> GmbH, Joseph Gartner è un'azienda tedesca di servizi di *project managment* per il settore delle costruzioni.

<sup>(4)</sup> dove

<sup>(5)</sup> Alcune superfici ottiche sono ottenute per cedimento gravitazionale di superfici piane. Nel caso del vetro una lastra del materiale supportata da uno stampo ceramico della forma desiderata viene riscaldata fino al raggiungimento della fase viscosa quando, per effetto del peso proprio, il fluido si abbassa fino al completo contatto con lo stampo sottostante. Questo procedimento consente, come nel caso del progetto citato, l'ottenimento di lastre asimmetriche anche con doppio raggio di curvatura. In AGNON Y., STOKES Y.M., "An inverse modelling technique for glass forming by gravity sagging", *European Journal of mechanics*, n°24, Elsevier, 2005, pp.13

<sup>(6)</sup> *Ibid.*, e punto 7.1.

<sup>(7)</sup> *Ibid.*, e punto 7.2.1.

<sup>(8)</sup> ISO 10006:2003, *Quality management systems - Guidelines for quality management in projects*.

<sup>(9)</sup> UNI ISO 10006:2005, punto 7.

<sup>(11)</sup> Da definizione di "gestione del progetto" in UNI ISO 10006:2005, punto 3.6

<sup>(12)</sup> ECCHIA G., GOZZI G., "La teoria economica dell'impresa", in *Mercati, strategie e istituzioni: elementi di microeconomia*, Bologna, Il Mulino, 2002, pp. 158-175. Per fattori della produzione si intendono le risorse materiali e immateriali quali, le conoscenze, la tecnologia, il lavoro, gli strumenti necessari per raggiungere l'obiettivo della produzione perseguito. Il progetto di architettura non differisce, in particolare nel caso in esame della tecnologia del vetro, da altre attività produttive poiché si confronta con un insieme di fattori ampio e indispensabile all'impiego della tecnologia stessa. Le strategie per verificare il possesso di tali fattori e eventualmente acquisirli da strutture esterne sono specifiche di ogni progettazione ma appartengono sempre alla fase preliminare della stessa, durante la quale la struttura cui compete il progetto valuta la propria capacità di produrre, in riferimento a uno scopo.

<sup>(13)</sup> DEL NORD, Romano e ARBIZZANI, Eugenio, "Introduzione" in *Modelli di processo edilizio. L'esperienza della Francia e degli Stati Uniti*, Alinea, Firenze, 1986, p. 1-6

<sup>(14)</sup> *Ibid.*, p. 45-69.

<sup>(15)</sup> Si fa qui riferimento rispettivamente ai risultati delle ricerche condotte dagli autori citati e raccolte nei volumi: TORRICELLI, M. C., MECCA, S., *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Firenze, Alinea, 1996, pp. 348 e ESPOSITO, M. A., *Tecnologie di progetto per il terminal aeroportuale*, Firenze, Firenze University Press, 2010, pp. 288

<sup>(16)</sup> Il caso della adozione dei sistemi BIM in Inghilterra. Nel 2011 è diventata cogente l'adozione di sistemi BIM per lo sviluppo di appalti pubblici. L'adozione completa per tutti i processi che riguardano l'appalto pubblico è prevista entro il 2016.

<sup>(17)</sup> Uno dei più grandi studi di architettura al mondo con oltre 2000 dipendenti

<sup>(18)</sup> Bilal SUCCAR, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders", Elsevier, 2008 e in Robert ANDERSON, *An Introduction to the IPD Workflow for Vectorworks BIM Users*, Nemetschek Vectorworks, 2009

<sup>(19)</sup> Gli autori citati si riferiscono innanzitutto al mercato statunitense che differisce dal nostro sia per dimensioni sia per dinamiche organizzative. Tuttavia è possibile riscontrare la stessa mancanza di propensione al rischio anche nel contesto italiano; ne è un esempio la

## NOTE

conservazione di tecniche costruttive e di gestione del cantiere tradizionali, così come l'assenza di vicoli contrattualistici più restrittivi della sola normativa di settore. Questi ultimi rappresentano infatti, agli occhi del committente, un importante strumento competitivo, indice della qualità del servizio offerto e altrettanto rilevante quanto il parametro del prezzo. Agire sulla riduzione del rischio non corrisponde sempre, in un processo, a una riduzione dei costi, ma i committenti o gli investitori consapevoli sanno valutare i rischi e sono disposti a dare un valore alla capacità di evitarli, gestendo i fattori ad essi correlati.

(20) Questa modalità di lavoro è di fatto uno strumento diffuso nella nuova generazione di software per le costruzioni. Nell'ambiente a 3 o anche 4 dimensioni nel quale questi strumenti operano è possibile associare a ciascun oggetto le informazioni relative all'incompatibilità con altri "oggetti" o sistemi, sulla base di parametri già presenti nel software stesso o modificabili dall'utente.

(21) Il termine *incertezza* è stato associato nella norma ISO 1006:2003 al termine *rischio* al fine di indicare gli aspetti tanto negativi quanto positivi associati a una qualsiasi attività di tipo previsionale; ai secondi infatti viene attribuito in tale senso un carattere di opportunità. In UNI ISO 1006:2005, "Processi relativi ai rischi", punto 7.7.1.

(22) Si fa qui riferimento alle ricerche condotte sul tema della qualità nel processo edilizio nel campo delle discipline afferenti al Tecnologia dell'architettura (settore scientifico disciplinare: ICAR 12). In particolare a TORRICELLI, M. C. e MECCA, S., *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Alinea, Firenze, 1996. Il tema dell'"ambiente" viene qui considerato nel senso dell'ambiente artificiale sul quale sono indotte modificazioni dalle strategie adottate dai diversi attori coinvolti; modificazioni che si manifestano in modo più consistente che nei confronti dell'ambiente naturale.

(23) Per *variabili produttive* si intendono i fattori della produzione come espressi in nota (13) del presente capitolo.

(24) TORRICELLI, M. C. e MECCA, S., "Il rischio di non qualità nelle attività costruttive" in *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Alinea, Firenze, 1996, p. 64-76.

(25) L'insieme di queste attività concorre a definire il "Piano di gestione del progetto", ovvero quel piano che specifica tutto ciò che occorre per conseguire gli obiettivi del progetto stesso. Le attività saranno pertanto raggruppate e il risultato è generalmente noto come "Struttura di scomposizione delle attività" o *Work Breakdown Structure (WBS)*. In UNI ISO 1006:2005, punto 7.3.4.

(26) *Kaoru Ishikawa* (Tokyo, 1915-1989) fu un ingegnere giapponese, professore universitario e personalità influente nella elaborazione e diffusione della teoria definita *Total Quality Management*, così come formulata dal suo fondatore *William Edwards Deming* (1900-1993). Deming è considerato il padre della Qualità Totale; fu uno statistico americano, che condusse la propria carriera tra gli Stati Uniti e il Giappone, collaborando con le industrie più innovative del suo tempo. Dopo diverse importanti esperienze nell'industria americana, quali quella presso la *Ford Motor Company* svolse il proprio ruolo di docente in Giappone, negli anni Cinquanta, presso le industrie emergenti tra le quali presso la *Sony Corporation*.

(27) UNI EN ISO 9001:2008, Metodi statistici di analisi della qualità

(28) UNI ISO 1006:2005, "Pianificazione e correlazione tra le attività, punto 7.4.2.

(29) SINOPOLI, N. e TATANO, V. (a cura di), *Sulle tracce dell'innovazione tra tecniche e architettura*, Milano, Franco Angeli, 2002, p. 270

(30) Avviene questo per quasi tutti i materiali e i componenti destinati al processo edilizio in misura variabile in relazione grado di prefabbricazione che li caratterizza. Il secondo ciclo produttivo sarà tanto più breve e tanto meno complesso quanto più alto è il livello di prefabbricazione. L'architettura temporanea rappresenta oggi, ad esempio, il livello massimo di prefabbricazione.

(31) TORRICELLI, M. C. e MECCA, S., "Il rischio di non qualità nelle attività costruttive" in *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Alinea, Firenze, 1996, p. 64-76.





## Allegati



## Bibliografia

## BIBLIOGRAFIA

### Capitolo 2

Archivio privato della compagnia *Saint Gobain*, Blois, Parigi  
Documenti consultati

#### Innovation et références verre plat de 1950 e 1980

#### Riviste della compagnia Saint-Gobain :

- *Le bâtiment et Saint-Gobain*, rivista della compagnia Saint-Gobain, (1959-1963);
- *Le courrier du verre*, 1966-69;
- *La revue de Saint-Gobain*, 26, 1968 ;
- *Saint-Gobain*, 1972;
- *Acoustique, ensoleillement, thermique. Les vitrages Saint-Gobain*, rivista della compagnia Saint-gobain (1950-1973).

#### Sviluppo, produzione e innovazione di prodotto 1950 e 1980 :

- *le verre THERMOLUX*;
- *le verre POLYGLASS*;
- *le verre PARSOL*;
- *le verre à vitres*;
- *le verre ondulé*;
- *glaces flottées et polies* ;
- *dalles polies*;
- *glaces et verres émaillés trempés EMALIT*;
- *vitrages réfléchissants*;
- *produits trempés*;
- *produits feuilletés*.

#### Rapporti commerciali e di ricerca tra le aziende Saint-Gobain e Pilkington:

- Studi condotti da Saint-Gobain sulla gamma, *EKOPLUS low emissivity glass for enhanced thermal insulation*, 1950-70.

#### Progetti :

- Tour Nobel, Parigi, La Défence, de Mailly, Depusse, Rigotherier, *Etude sur les produits verriers de façades* (1964-75).

#### Studi commissionati ad enti di ricerca stranieri

GJELSVIK Tore, *Performance of Sealed Double-glazing units in Severe Norwegian Climate*, Norwegian Building Research Insitute, The west coast field study, 1963, pp. 44

ARUP, [www.aru.com]

## BIBLIOGRAFIA

BENNETT, David, *Grattacieli : come sono, dove sono, come si costruiscono gli edifici più alti del mondo*, Novara, Istituto geografico De Agostini, 1996, pp. 120 (edizione italiana a cura di Flavio Conti, titolo originale, Skyscrapers. The world's tallest buildings and how they work, London, Aurum, 1995)

CAMPIOLI, Andrea, ZANELLI Alessandra, (a cura di), *Architettura tessile: progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, Il sole-24ore, 2009, pp. 384

ENGEL, Heino, *Atlante delle strutture*, Torino, UTET, 2001, pp. 350

FAY Dr., Tooley V., *The handbook of glass manufacture*, New York, 1984, pp. 901

FOSTER & Partner, [www.fosterandpartners.com]

GAGLIARDI, Carlo Alberto, *Conoscere il vetro*, Milano, Poligono, 1945, pp. 115.

GORMAN, Michael John, *Buckminster Fuller: architettura in movimento*, Ginevra, Milano, Skira, 2005, pp. 207

HAMON, Maurice, *Du soleil à la terre. Une Histoire de Saint-Gobain*, Parigi, Saint-gobain, 1998, pp. 270

HAYS, K. Michael e Miller, Dana, *Buckminster Fuller: Starting with the Universe*, New York, London, 2008, pp. 257

ISO 14040 (2006): *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneve

ISO 14044 (2006): *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneve

LAMBERT, Phyllis, *Mies in America*, Montreal, Canadian Centre for Architecture, New York, Whitney Museum of American Art, 2001, pp. 791

LANDES, David L., *Prometeo liberato. La rivoluzione industriale in Europa dal 1750 ad oggi*, (traduzione italiana di *Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge, Cambridge University Press, 1969), Torino, Einaudi, 2000, p. 750

LAVAGNA Monica, *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano, Hoepli, pp.320

MARGOLIUS, Ivan, *Architects + engineers = structures : a book that celebrates well-known designers Paxton Torroja, Nervi, Saarinen, Buckminster Fuller, Le Corbusier, Niemeyer, Arup, Hunt and Foster, and the lesser-known such as*

## BIBLIOGRAFIA

*Polivka, Glickman, Kornacker, Cardozo, Zetlin and Strasky*, Chicester, Wiley-Accademy, 2002, pp. 104

Mc KEAN, John, *Crystal Palace : Joseph Paxton and Charles Fox*, London, Phaidon, 1994, pp.60

NEUMANN, Dietrich, *The structure of light : Richard Kelly and the illumination of modern architecture*, New Haven, London, Yale university press in association with the Yale school of architecture, 2010, pp. 214.

NIJSSE, Rob, *Glass in structures: elements, concepts, designs*, Basel, Birkhauser, 2003, pp. 167

JOHNSON, Philip and RITCHIE, Alan architects, [[www.pjarchitects.com](http://www.pjarchitects.com)]

PHILLIPS, Charles John, *Glass, the miracle maker: its history, technology, manufacture and applications*, New York, Pitman Pub. Corp., 1948

PHILLIPS, Charles John, *Get acquainted with glass: material, industry, uses*, New York, Pitman Pub. Corp., 1950

RILEY, Terence e BERGDOLL, Barry, *Mies in Berlin*, New York, The museum of modern, 2001, pp. 392

SAINT GOBAIN, *Manuale tecnico del vetro*, Milano, Fabbrica Pisana s.p.a., Saint Gobain, 1993, pp. 540

SCHITTICH, Christian, *Atlante del vetro*, Torino, UTET, 1999, pp. 334

SCHEERBART, Paul, *Architettura di vetro*, Milano, Adelphi, 1982, pp. 212, (titolo originale, *Glasarchitektur*, 1914)

SOCIETY of glass technology, [[www.societyofglasstechnology.org.uk](http://www.societyofglasstechnology.org.uk)]

TAIT, Hugh, *Cinquemila anni di vetro*, Milano, 1991, pp. 256, (titolo originale, *Five Thousand years of glass*, London, British Museum, 1991)

TICHELMANN, Karsten, PFAU Jochen, *Costruzioni a secco*, UTET, Torino, 2009, pp.111

US Environmental Protection Agency, [[www.epa.gov](http://www.epa.gov)]

ZUKOWSKY, John, *Chicago architecture, 1872-1922: birth of a metropolis*, Munich, London, New York, Prestel, 2000, pp. 480

ZUKOWSKY, John, *Chicago architecture and design, 1923-1993 : reconfiguration of an american metropolis*, Munich, London, New York, Prestel, 2000, pp. 479

WILLIS Carol, *Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago*, New York, New York, Princeton Architectural Press, 1995, pp.217

### Capitolo 3

### BIBLIOGRAFIA

ASAHI Glass, produttore di vetro, [www. agc.com]

AA.VV. "Performance Evaluation of Daylighting Systems", Subgroup A1, "Survey of Systems" of the IEA, *International Energy Agency*, SHC Task 21 and the ECBCS Program Annex 29 "Daylight in Buildings", 2005.

AA.VV., "Ampliacion del Museo de Arte Neslon Atkins." in *El Croquis*, n° 141, *Steven Holl Architects 2004-2008*, Madrid, Elcroquis Editorial, pp. 36-73

AA.VV, *Barriers to Natural Ventilation Design of Office Buildings, National Report Great Britain*, in NatVent, ricerca finanziata dalla Comunità Europea, 1998, pp.36

AA.VV., "A Crystal in the Harbour – The glass facade of the Elbphilharmonie", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 498-508

AA.VV., "Rolex Learning Center, Lausanne", in *Analogue and digital*, Monaco, Detail n° 5, 2010, pp. 470-478

ANDEWEG, M.T., BRUNORO, S., VERHOEF, L.G.W, COST C16 Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes II, s.l., Delft University Press, 2007. Pp. 280

BANHAM, R., *The architecture of well-tempered environment*, Londra, The Architectural Press, 1984. Pp. 319

BAKER, A. FANCHIOTTI, K. STEEMERS, *Daylighting in architecture: a European reference book*, Londra, James & James, 1993

BENNETT, David, *Grattacieli : come sono, dove sono, come si costruiscono gli edifici più alti del mondo*, Novara, Istituto geografico De Agostini, 1996, pp. 120 (edizione italiana a cura di Flavio Conti, titolo originale, Skyscrapers. The world's tallest buildings and how they work, London, Aurum, 1995)

BRANDI, Licht U., *Luce naturale e artificiale*, UTET, Scienze Tecniche, Torino, 2007, pp. 102, (titolo originale, *Tageslicht kunstlicht grundlagen ausfuhrung beispiele*)

CAMPIOLI Andrea, LAVAGNA Monica, *Raccomandazioni per la progettazione di edifici energeticamente efficienti*, Faenza, Gruppo Editoriale, pp.148

CAMPIOLI, Andrea, ZANELLI Alessandra, (a cura di), *Architettura tessile: progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, Il sole-24ore, 2009, pp. 384

ÇENGEL, Yunus A., *Termodinamica e trasmissione del calore*, (Edizione



## BIBLIOGRAFIA

- italiana a cura di Ettore Cirillo), Milano, McGraw-Hill, 2009
- CRICURSA, produttore di vetro, [www.cricursa.com]
- DUPONT, [www.dupont.com]
- ENGEL, Heino, *Atlante delle strutture*, Torino, UTET, 2001, pp. 350
- FELLIN, Lorenzo, *Manuale di illuminotecnica*, Milano, Tecniche nuove, 1999, pp. 1132
- FOSTER & Partner, [www.fosterandpartners.com]
- GMP, Architekten von Gerkan, Marg and Partner, [www.gmp-architekten.de]
- HERZOG, KRIPPNER, LANG, *Atlante delle facciate*, Torino, UTET, 2005, pp. 320
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, [www.iea.org]
- LAM M. C. William, *Perception and lighting as formgivers for architecture*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1992, pp. 310
- LAVAGNA Monica, *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano, ISBN 978-88-203-4075-9, pp.320
- LECHNER, Norbert, *Heating, cooling, lighting : design methods for architects*, Hoboken, Wiley, 2009, pp. 698
- LOUGHRAN, Patrick, *Falling glass. Problems and solutions in contemporary architecture*, Boston, Birkhauser, 2003, pp. 157
- MEGURO Wendy, *Beyond Blue and Red Arrows:Optimizing Natural Ventilation in Large Buildings*, Boston, MIT, 2005, pp.140
- MOORE Fuller, *Concepts and practice of architectural daylighting*, New York, 1991, pp. 290
- MOORE, Fuller, *Environmental control systems. Heating, cooling, lighting*, McGraw-Hill, pp. 427
- OESTERLE Eberhard, LIEB Rolf Dieter, LUTZ Martin, HEUSLER Winfried, *Double – Skin Facades, Integrated Planning. Building Physics, Construction, Aerophysics, air-conditioning, economic viability*, Prestel, Monaco, 2001, pp. 207
- PEI, COBB, FREED & partners, [www.pcf-p.com]
- JOHNSON, Philip, RITCHIE, Alan architects, [www.pjar.com]

## BIBLIOGRAFIA

KLIMAHOUSE, Fiera internazionale per l'efficienza energetica e la sostenibilità, [www.klimahouse.it]

PEPCHINSKI, Mary, "Crystal Palace for reborn trade center", in AA.VV., *Architectural Record*, n° 11, 1996, pp. 80-89.

PILKINGTON, produttore di vetro, [www.pilkington.com]

PPG Industries, produttore di vetro, [www.ppg.com]

ROGORA, Alessandro, *Luce naturale e progetto*, Maggioli Editore, Rimini, 1997, pp. 230

RUSSELL, James S. AIA, "With his sleek, ecological design, Lord Norman Foster imbues the Reichstag with Germany's new self-image", in *Architectural record*, 1999, n°7, pp. 102-113

RUSSELL, James S. AIA, "With his sleek, ecological design, Lord Norman Foster imbues the Reichstag with Germany's new self-image", in *Architectural record*, 1999, n°7, pp. 102-113

RUSSELL, James S., "A striking presence on the Berlin Skyline, the Debris tower, by Renzo Piano building workshop, revives the skyscraper", in AA.VV., *Renzo Piano makes high-rise magic*, *Architectural Record*, n° 10, 1998, pp. 124-134.

RUSSELL, James S. "In a city averse to towers, 30 St. Mary Axe, the "towering innuendo" by Foster and Partners, is a big ecofriendly hit" *Architectural record*, vol. 192, no.6, 2004, pp. 218-232

SAINT GOBAIN, produttore di vetro, [www.saintg-obain.com]

SCHUCO, sistemi integrati per la produzione di energia per l'edilizia, [www.schueco.com]

SIAN Alexandra Kleindienst, *Time-varied daylighting performance to enable a goal-driven design process*, Boston, MIT, 2010, pp.166

SKIDMORE, OWINGS AND MERRILL architects, [www.som.com]

STEVEN HOLL Architects, [www.stevenholl.com]

TERNOEY, S., BICKLE, L., ROBBINS, C., BUSCH, R., MCCORD, K., *The design of energy responsive commercial buildings*, Golden, Solar energy research institute, 1983

TERNOEY, S., CARLSBERG, D., DWYER, L., MUELLER, H., NASH, K., ROBBINS, C., "Energy responsive commercial buildings: the effect of

## BIBLIOGRAFIA

environmental systems on architectural form", in *Proceedings of the 5<sup>th</sup> national passive solar conference*, edited by Hayes, J., Snyder, R., pp. 35-43, Boulder, American solar energy society, 1980.

YI, Lu, *A new approach in Data visualization to integrate Time and Space Variability of daylighting in the design process*, Boston, MIT, 2008, pp. 126

WELLER B., Harth K., Tasche S., Unnewerhr Stefan, *Glass in building. Principles, applications, examples*, Detail, Munich, 2009, pp. 112

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *The right to healthy Indoor Air*, World Health Organization, Geneve, 2000, pp. 17

## Capitolo 4

BANO, Valentina, *Trasparenze di sintesi*, tesi di dottorato di ricerca in tecnologia dell'architettura, XXI ciclo, Ferrara, 2009, pp. 352

BAYER, Bayer plastics techcenter, divisione dell'azienda Bayer per la produzione di materie plastiche anche per usi in campo architettonico, [plastics.bayer.com]

CAMPIOLI, Andrea, ZANELLI Alessandra, (a cura di), *Architettura tessile: progettare e costruire membrane e scocche*, Milano, Il sole-24ore, 2009, pp. 384

ÇENGEL, Yunus A., *Termodinamica e trasmissione del calore*, (Edizione italiana a cura di Ettore Cirillo), Milano, McGraw-Hill, 2009

COMPAGNO, Andrea, *Intelligente Glasfassaden : Material Anwendung Gestaltung*, Basel, Boston, Berlin, Birkhauser, 2002, pp. 183

KALTENBACH, Frank, (edizione italiana a cura di Enrico De Angelis) *Trasparenze, vetri, plastiche, metalli*, UTET, Torino, pp. 108

DUPONT, [www.dupont.com]

ENGEL, Heino, *Atlante delle strutture*, Torino, UTET, 2001, pp. 350

FELLIN, Lorenzo, *Manuale di illuminotecnica*, Milano, Tecniche nuove, 1999, pp. 1132

HERZOG, KRIPPNER, LANG, *Atlante delle facciate*, Torino, UTET, 2005, pp. 320

SAECHTLING, H., *Manuale delle materie plastiche*, Milano, Tecniche Nuove, 2006,

pp. 919

TONI, Michela, (a cura di), *FRP. Architettura. Costruire con materie plastiche rinforzate con fibre*, Alinea, Firenze, 2005, pp. 127

UNI 8289:1981 *Edilizia. Esigenze dell'utenza finale. Classificazione*

Zanelli, Alessandra, "I tessili tecnici per l'architettura", in *Costruire in laterizio*, 144, 2008, pp. XVII-XXII

ZWEIFEL H., *Plastics additives handbook*, Monaco, Vienna, New York, Hanser, Cincinnati, Hanser/Gardner, 2001, pp. 1148

VECTOR FOILTEC, produttore di tessili tecnici per l'architettura, [www.vector-foiltec.com]

## Capitolo 5

Archivio privato della compagnia *Saint Gobain*, Blois, Parigi

www.arup.com

BENNETT, David, *Grattacieli*, Novara, De Agostini, 1996, p. 120

BELLANDI Giuseppe, CIAVATTINI Claudio, GRASSI Walter, MAFFEI Pier Luigi, MICHELETTI Roberto, *Qualità totale e analisi del valore nel processo edilizio: riflessioni sui costi di produzione e di gestione*, Pisa, 1996, pp.160

GERKAN, MARG AND PARTNER, Gmp Architekten, [www.gmp-architekten.de]

HEINO Engel, *Atlante delle strutture*, UTET, Torino, 2001

HAMON, Maurice, *Du soleil à la terre. Une histoire de Saint-Gobain*, Saint Gobain, 1998, p. 270

KNECHT, Barbara, *Fast-track construction becomes the norm*, Architectural Record, [archrecord.construction.com]

KOMPASS, Kompass International, Courbevoie Cedex, Francia, motore di ricerca internazionale per le società BtoB, [www.kompass.com]

LAVAGNA, Monica, *Lyfe cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano, Hoepli, 2008, p.p. 320

LOUGHRAN Patrick, *Falling glass : problems and solutions in contemporary*

## BIBLIOGRAFIA

*architecture*, Basel , Berlin, Boston, Birkhauser, 2003, p. 157

LUGEZ, J., *La prefabbricazione a pannelli nell'edilizia residenziale*, Bologna, Edizioni C.E.L.I., 1978, pp. 379

MAGGI, SAGGESE, BASSAN, OSSOLA, "Note introduttive alla problematica dell'industrializzazione e della progettazione integrata" in *La progettazione integrata per l'edilizia industrializzata. Insegnamenti*, OIKOS, Milano, 1979, pp. 130

MOORE Fuller, *Concepts and practice of architectural daylighting*, New York, 1991, pp. 290

NIJISSE Rob , *Glass in structures : elements, concepts, designs*, Basel, Birkhauser, 2003, p. 167

PEPCHINSKI, Mary, "Crystal Palace for reborn trade center", in AA.VV., *Architectural Record*, n° 11, 1996, pp. 80-89.

PETRIGNANI, Achille, *Tecnologie dell'architettura*, Novara, De Agostini, 1990, pp. 506

RICE, Peter e DUTTON, Hugh, *Structural glass*, London, E & FN Spon, 1995, pp. 144

RUSSEL, James S. "In a city averse to towers, 30 St. Mary Axe, the "towering innuendo" by Foster and Partners, is a big ecofriendly hit" *Architectural record*, vol. 192, no.6, 2004, pp. 218-232

SCHITTICH, Christian, *Solar architecture : strategies, visions, concepts*, München, Detail, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, 2003, pp. 176.

UNI ISO 1006:2005, *Sistemi di gestione per la qualità, Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti*

WILLIS Carol, *Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago*, New York, New York, Princeton Architectural Press, 1995, pp.217

## Capitoli 6 e 7

AIA, California Council, *Integrated Project Delivery, a working definition*, McGraw-Hill, 2007, pp. 16

AA.VV., *The business value of BIM in Europe, getting Building Information Modeling to the bottom line in the United Kingdom, France and Germany*, McGraw-Hill Construction report, 2010, pp. 54

## BIBLIOGRAFIA

AGENDA 21 *On sustainable construction*, CIB, *Conseil International du Bâtiment*, report publication, 237, 1999, pp.122

AA.VV, *Workflow management systems and interoperability*, Springer, published in cooperation with NATO scientific affairs division, c1998, p 524

AIA California Council, *Integrated project delivery, a working definition*, McGraw-Hill Construction, 2007, p. 16

ALVES DIAS Luís M., *Integrated management systems in construction projects*, *Lisbona*, International social security Association, Construction sector, University of Lisbon, 2004, p. 15

ANDERSON Robert, *An Introduction to the IPD Workflow for Vectorworks BIM Users*, Columbia, Nemetschek, 2008, p.30

BARNES, David, *Understanding business process*, London, New York, Routledge. 2001, p. 225

BERNUS, Peter e FOX, Mark, *Knowledge sharing in the integrated enterprise : interoperability strategies for the enterprise architect*, USA, Springer, 2005, p. 458

BELLANDI Giuseppe, CIAVATTINI Claudio, GRASSI Walter, MAFFEI Pier Luigi, MICHELETTI Roberto, *Qualità totale e analisi del valore nel processo edilizio: riflessioni sui costi di produzione e di gestione*, Pisa, 1996, pp.160

BENNETT, David, *Grattacieli : come sono, dove sono, come si costruiscono gli edifici più alti del mondo*, (titolo originale, *Skyscrapers: form & function*, edizione italiana a cura di Conti Flavio), Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1996, p. 120.

BROWN Stephen A., *Communication in design process*, London, New York, spon, 2001, pp. 162

CARCHIA Gianni, D'Angelo Paolo, *Dizionario di estetica*, Laterza, Roma-Bari, 1999

Cabinet Office, UK Government, *Government Construction strategy*, Londra, 2011, pp. 43

COOK Martin, *The design quality manual : improving building performance* , Oxford, Blackwell, 2007, pp. 199

DAINTY Andrew, MOORE David, MURRAY Michael, *Communication in Construction : Theory and Practice*, Londra, New York, Taylor and Francis, 2006, pp. 263

DEL NORD, Romano e ARBIZZANI, Eugenio, *Modelli di processo edilizio: l'esperienza della Francia e degli stati Uniti*, Firenze, Alinea, 1986, p. 192

## BIBLIOGRAFIA

- ECCHIA, Giulio e GOZZI, Giancarlo,  *Mercati, strategie e istituzioni : elementi di microeconomia*, Bologna, Il Mulino, 2002, pp. 280
- ECTP, European Construction Technology Platform, *The construction sector is committed to boost up constantly its RDI activities at EU level*, Position Paper, 2009, pp. 16
- ECTP, European Construction Technology Platform, *Strategic Research Agenda for the European Construction Sector. Achieving a sustainable and competitive construction sector by 2030*, 2005, pp. 50
- Energy Efficient Building Association (EtoBA), Building Energy Efficiency for Massive Market Uptake, *Project Review*, 2011, pp. 48
- ESPOSITO, Maria Antonietta, MACCHI, Irene, "Communication in design. results of a field research", in *Journal of Information Technology in Construction*, 2009, pp. 238-252.
- ESPOSITO M. A. (2007). "Tecnologie di progetto e di comunicazione. Note per una esplicitazione tematica", In Sonsini A. *Interazione e mobilità per la ricerca*, Materiali del II Seminario OSDOTTA. Florence University Press, Firenze, 71-83.
- FEIGENBAUM, Armand V., *Total quality control*, Singapore, McGraw-Hill, 1991, pp.863
- GALGANO, Alberto, *La qualità totale. Il company-wide quality control come nuovo sistema manageriale*, Milano, Il sole-24ore libri, 1993, pp.475
- GALGANO, Alberto, *Qualità totale: il metodo scientifico nella gestione aziendale*, Milano, 2008, pp.314
- LEED, sistema di certificazione di edifici sostenibili, *Reference guide. Contents, v. 2.2. 2005*
- KRAMER Bernd, PAPAZOGLU, Michael, SCHMIDT, Heinz-W., *Informations systems interoperability*, New York : John Wiley & Sons, 1998, p. 338
- HATEM David J., *Design Responsibility in Integrated Project Delivery: Looking Back and Moving Forward*, Boston, New York, Donovan Hatem LLP, 2008, p. 21
- ISO 9011:2008, *Quality management systems – Requirements*
- ISO 14000: 2004, *Environmental management systems*
- ISO 10006:2005, *Quality management systems -- Guidelines for quality management in projects*
- DI GIULIO, Roberto, *Qualità edilizia programmata*, Milano, 1981, pp.172



## BIBLIOGRAFIA

- LAVAGNA M., *Life cycle assessment in edilizia, progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano, 2008
- MACMILLAN Sebastian , *Mapping the early stages of the design process - a comparison between engineering and construction*, International Conference on Engineering Design, ICED 99, Monaco, 1999, pp. 4
- MANFRON, Vittorio, *Qualità e affidabilità in edilizia – Ricerche di tecnologia dell'architettura*, Milano, 1995, pp.186
- ROTHER, Mike e HARRIS, Rick, *Creating continuous flow*, Lean Enterprise Institute, 2006, p. 103
- RUSSELL, James S., "A striking presence on the Berlin Skyline, the Debis tower, by Renzo Piano building workshop, revives the skyscraper ", in AA.VV., *Renzo Piano makes high-rise magic*, Architectural Record, n° 10, 1998, pp. 124-134
- TORRICELLI Maria Chiara, MECCA Severio, *Qualità e gestione del progetto nella costruzione*, Firenze, 1996, pp. 348
- TORRICELLI Maria Chiara, *Normazione, qualità, processo edilizio*, Firenze, Alinea, 1990, pp. 102
- UNI ISO 1006:2005, *Sistemi di gestione per la qualità, Linee guida per la gestione per la qualità nei progetti*
- UNI EN ISO 9001:2008, *Sistemi di gestione per la qualità*