

## Materiali per l'architettura B (6CFU)

Prof. Alberto De Capua, coll. Arch. Valeria Ciulla



### MpA 2 Storia dei materiali

- Tradizioni
- Innovazioni



## La storia dei materiali da costruzione

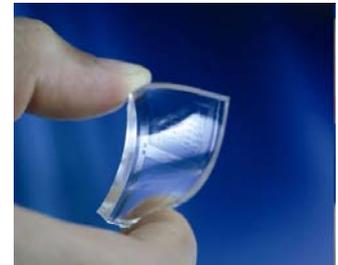
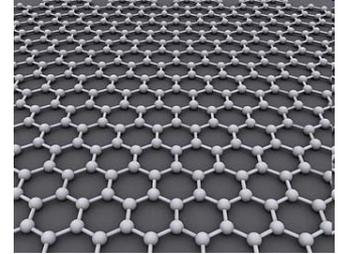
Si potrebbe pensare che oggi i materiali siano gli stessi di quelli del passato, Ma non è così, molti **nuovi materiali** sono stati creati negli ultimi decenni.

Nel 2010 è stato presentato il *grafene* (non ancora applicato in architettura) una forma di carbonio molto sottile e molto resistente quasi completamente trasparente e tanto denso da non permettere neppure il passaggio dell'elio, il più piccolo atomo gassoso.

L' involucro edilizio, quindi il materiale, non è più quello della **tradizione costruttiva** anche se il suo aspetto tende a mantenersi non dissimile da quello di un tempo.

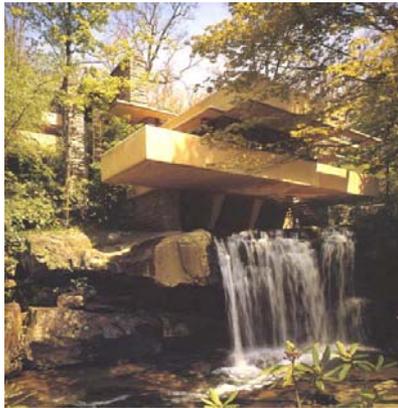
Molte **innovazioni tecnologiche**, infatti, sono rimaste inesprese non sono divenute linguaggio. La rivoluzione industriale ha fatto diventare lampada il lume e automobile la carrozza, ma la casa è rimasta apparentemente quella di un tempo.

La differenza è nel fatto che **oggi i materiali esprimono prestazioni** che possono essere controllate e progettate. L' innovazione riguarda prevalentemente il comfort, in misura minore la durata e l' affidabilità.



**Modello molecolare e porzione di grafene**

L'uso del materiale in architettura può esprimere due diversi comportamenti:  
1 quello che porta alla “verità” del materiale  
2 quello che tende alla sua mimetizzazione e/o falsificazione.



*“...insita nella vera natura di ogni buon edificio, cioè di quel genere di costruzione chiamata Architettura, è la natura dei materiali impiegati nella costruzione ... Un edificio in pietra non sarà più, né sembrerà un edificio in acciaio. Una casa in legno sembrerà esclusivamente quello che è. Poiché glorificherà il materiale di cui è composta ... ”* (F.L.Wright 1867-1959)

Frank Lloyd Wright, Fallingwater – La casa sulla cascata, 1936, Pennsylvania



*“I termini del linguaggio costruttivo sono i materiali, gli schemi statici e le necessità funzionali cui l'opera deve soddisfare. .... ”* (P.L.Nervi 1891-1979)

Pier Luigi Nervi, Palazzetto dello Sport di Roma, 1957

Le **valenze linguistiche del materiale** possono essere esplorate sia attraverso l'**espressività non programmata** degli oggetti realizzati, che attraverso quella che scaturisce da una precisa **volontà progettuale**.



Abitazioni del deserto del Sahara, Tunisia del sud



Renzo Piano, Daimler- Benz, Berlino

La scelta di un materiale in architettura proviene, oggi come in passato, da diversi fattori:

- obiettivi funzionali,
- disponibilità di risorse,
- clima,
- tradizione,
- ragioni produttive,
- sapere costruttivo
- ...

Nella storia dell'architettura **l'espressività del materiale** si è manifestata a volte in coincidenza della scoperta di nuovi materiali e di nuove tecniche. Altre volte l'espressività del materiale ha avuto motivazione storico - simboliche: senso della continuità e della tradizione, esigenze di rappresentatività;

I materiali non sono solo espressione e linguaggio della “funzione”, ma anche segni della storia e dell'inconscio, possono presentarsi come risultato di intenzioni plastiche e percettive. E' per questo che sono “resistenti” ai cambiamenti e perché accanto ai nuovi materiali sono presenti materiali e forme tecniche del passato che è difficile sostituire.



Tour Eiffel, 1887-1889, Parigi



Le Corbusier, Cappella di Notre-Dame-du-Haut a Ronchamp, 1950-1955

# I materiali nell' antichità Pre-Romana

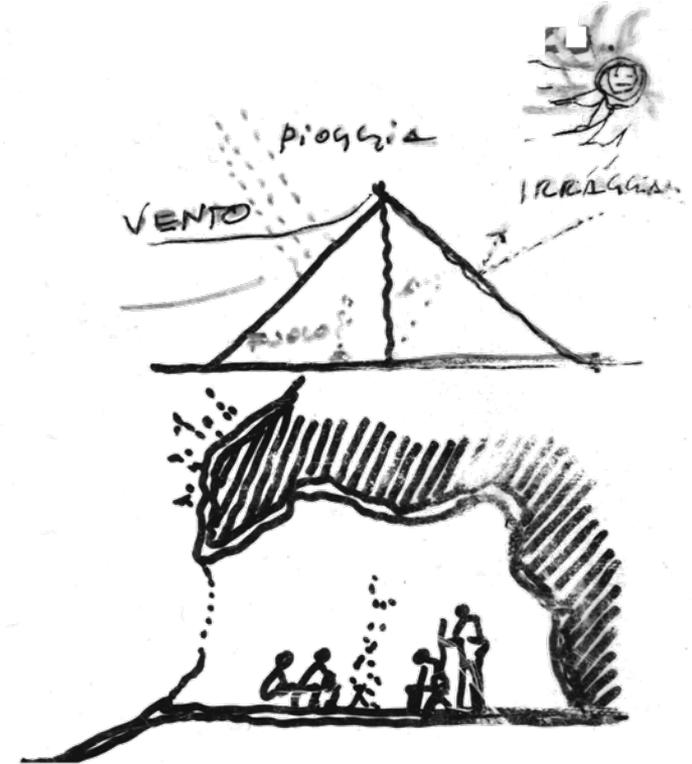
## Le prime strutture

La tenda attraverso la quale si realizzano i primi tentativi di “controllo ambientale”

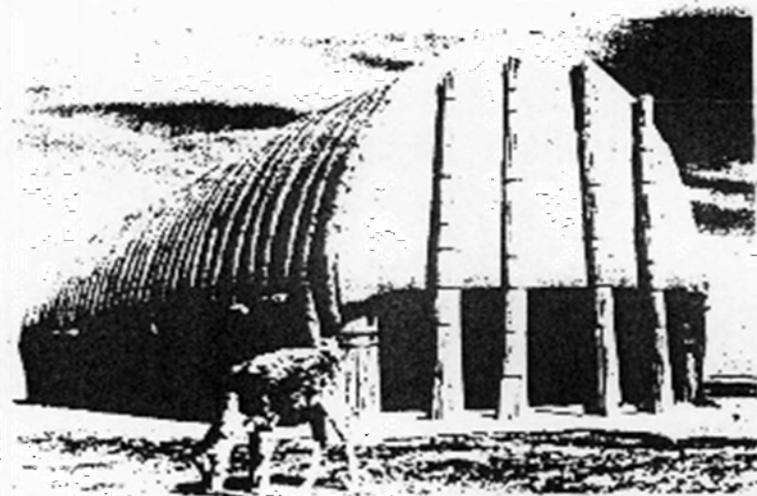
La caverna usata sia per proteggersi che per motivazioni simboliche

Il “**tipo di struttura**” dipende da:

- La disponibilità e la natura dei materiali in loco;
- Gli utensili e gli strumenti disponibili;
- I fattori ambientali (pioggia, vento, temperatura);
- Le osservazioni tecniche già sperimentate;
- L'immaginazione e la creatività.

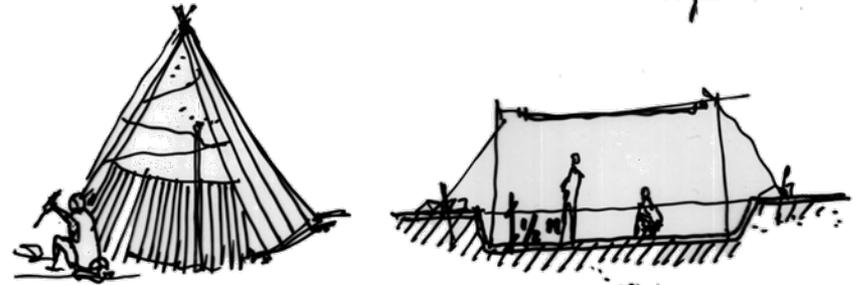


Molte cose si sono capite attraverso confronti etnografici con primitivi odierni (esempi di autocostruzione e creatività collettiva in Iraq)



# I materiali nell' antichità Pre-Romana – II LEGNO

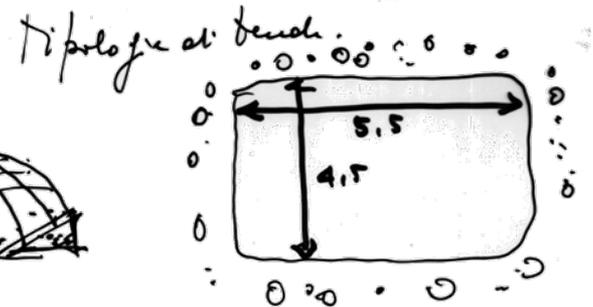
Le prime tracce d' architettura in legno risalgono al Paleolitico superiore o Magdaleniano (XI millennio a.c.)



- *Paleolitico superiore*  
Russia Meridionale  
Germania Settentrionale

- *Mesolitico*  
Inghilterra

- *Neolitico*  
Egitto e Mesopotamia



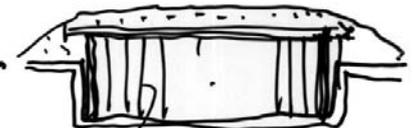
**Germania**



**Siberia**



terreno solitario.

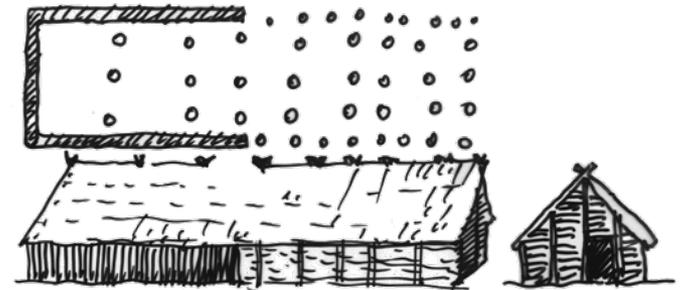


riprescindendo  
- legno sulle  
barche.

Le strutture più complesse e solide si ebbero nel periodo neolitico (5.000 a.c.) in Europa. Nello stesso periodo si fa risalire l'introduzione in Europa del tetto.

Con l'età del bronzo (3.000 a.C.) si realizzano primi lavori di carpenteria con i quali si costruiscono capanne più robuste. Nello stesso periodo si fanno risalire le costruzioni di palafitte in Svizzera e nella valle del Po.

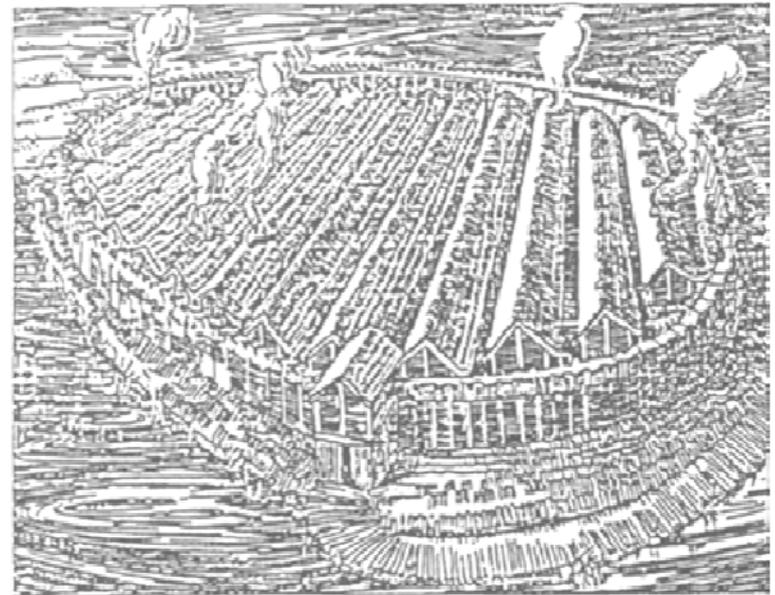
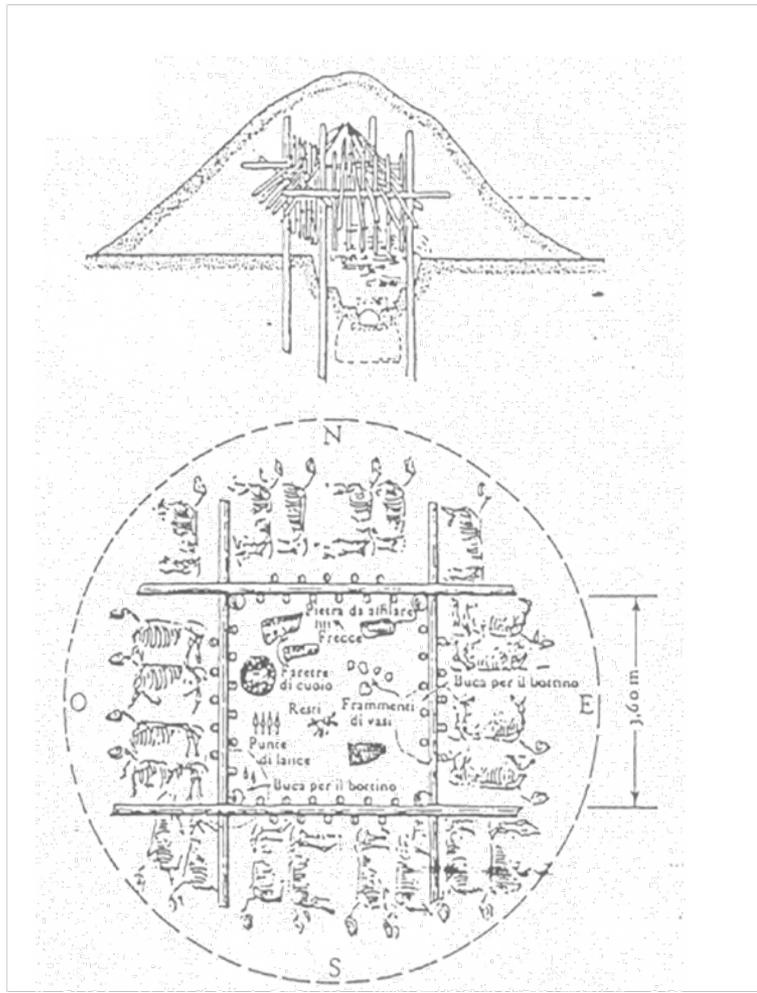
Con la produzione di nuovi strumenti, la carpenteria continuò ad evolversi influenzando anche le realizzazioni in pietra (es. Stonehenge).





Ricostruzione di un villaggio dell'età del ferro a Biskupin (Polonia)

Tra l'età del bronzo (3000 a.C.) e quella del Ferro (1000 a.C.) si collocano esempi di architettura funeraria realizzati in Inghilterra. Più tardi, si fanno risalire degli esempi nella Russia meridionale



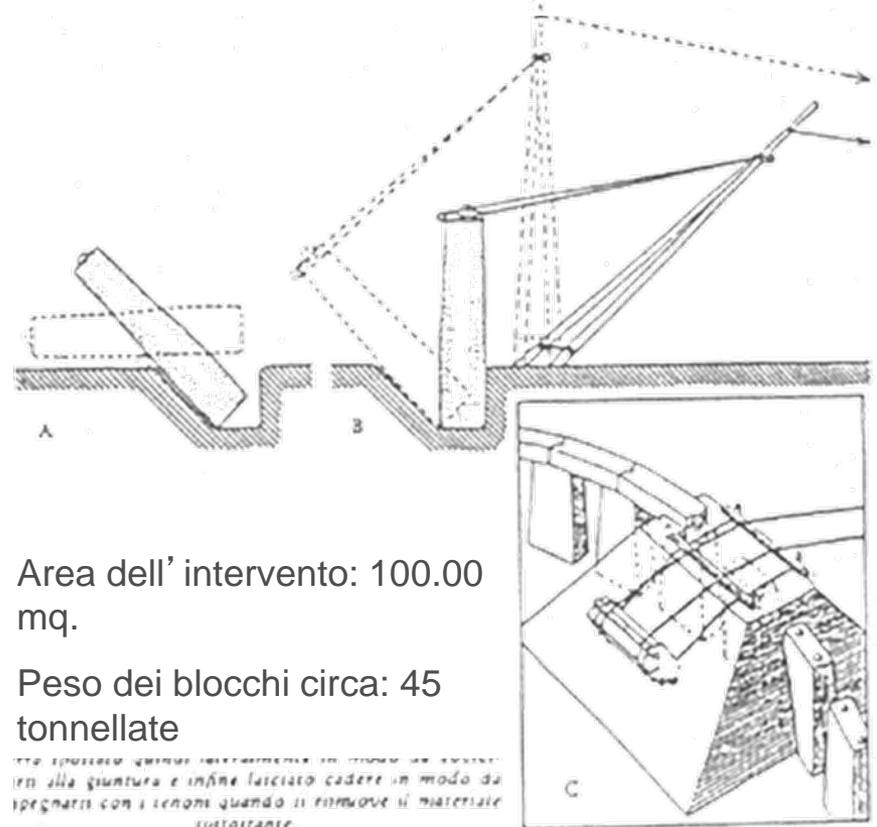
In età del Ferro (1000 a.C.) in Inghilterra e in Europa continentale migliorarono le tecniche costruttive e le condizioni abitative.

In epoca classica: la prima colonna greca di origine micenea (1200 a.C.)

Nel 600-700 a.C., i primi templi etruschi.

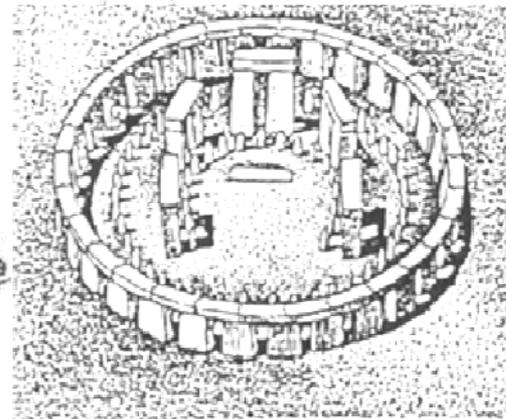
## I materiali nell' antichità Pre-Romana – I LAPIDEI

Le prime architetture in materiali lapidei risalgono al 2000 a.C. e si realizzano dove la pietra era disponibile in pezzi di grandi dimensioni. Le tracce rimaste indicano che l' impiego della pietra riguarda soprattutto strutture megalitiche come ad esempio Stonehenge



Area dell' intervento: 100.00 mq.

Peso dei blocchi circa: 45 tonnellate

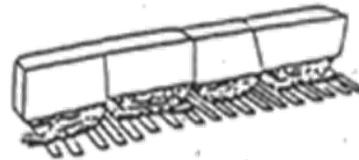


Per lungo tempo vi fu una maggiore preoccupazione per i risultati estetico simbolici, piuttosto che per quelli costruttivi.

Ciò fino alle esperienze greca, etrusca e romana.



Colonne del grande tempio di Amun-Re, 12° -14° secolo a.C., Karnak Egitto



Probabile metodo di preparazione dei conci

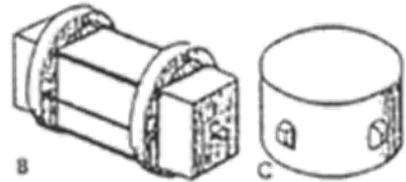
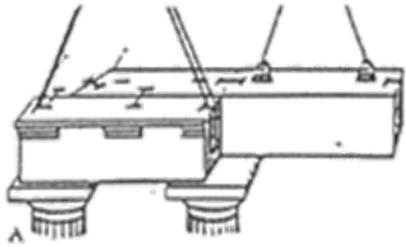


Sezione nord-sud della piramide di Sahure, Abusir Egitto

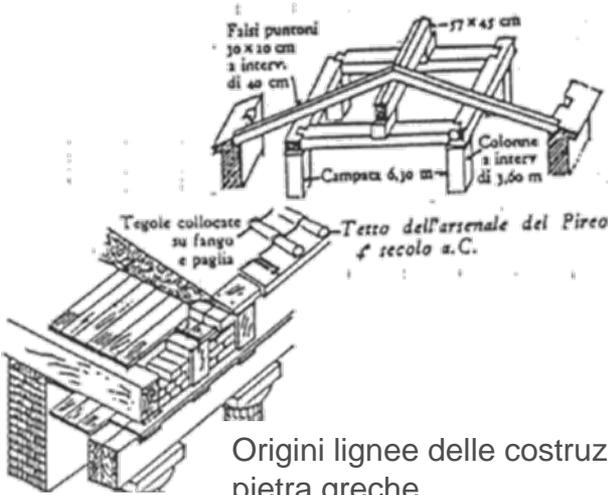
In epoca classica in Grecia si riscontra innovazione nella tecnica delle costruzioni in pietra. Alcuni dettagli riportati sottolineano le origini lignee delle costruzioni.



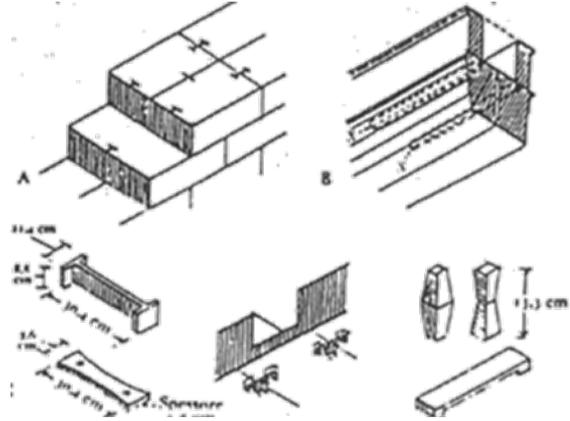
Tempio di Efesto, Antica Agorà di Atene, Grecia



Dispositivi di sollevamento



Origini lignee delle costruzioni in pietra greche



Uso del metallo nella muratura greca: grappe e travi

## I materiali nell' antichità Pre-Romana – I LATERIZI

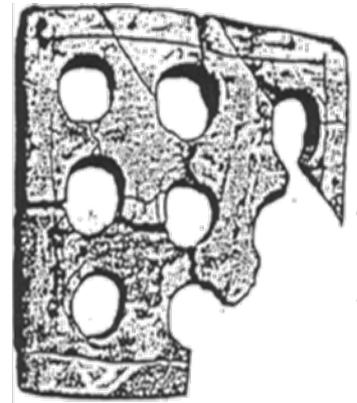
Il mattone è il primo materiale sintetico, “industriale”. I Primi cotti, prodotti sistematicamente risalgono alla Babilonia del II millennio a.C.

Uso differenziato di cotti e crudi (IV a.C.)

Le facciate erano rivestite di ornamenti vetrificati e mattoni smaltati.



Babilonia: porta di Ishtar



Griglia di terracotta per finestra. Mesopotamia III millennio a.C.



Passaggio coperto a volta di mattoni in Mesopotamia

## I materiali nell' antichità Pre-Romana

**Le malte** Nascono dall' unione di un “legante” (calce aerea da cottura di calcari) e di un “inerte” (sabbia)

- avviarono l' uso di opere gettate
- primi impasti: ad opera dei campani (scavi di Pompei)

### Le murature armate

murature + legno (costruttori egiziani a Creta in epoca Pre-Ellenica).

### Il vetro

- In Egitto e Mesopotamia per utensili e monili (III millennio a.C.)
- I Fenici lo diffusero nel Mediterraneo

### I metalli

- Era del Rame (4000-3000 a.C.)
- Era del Bronzo (3000-2000 a.C.)
- Era del Ferro (circa 1000 a.C.)
- Rame e bronzo per coperture e oggetti (da epoche faraoniche)
- Piombo per saldature, legature, restauri.



Anfora in vetro fenicia V secolo a.C. – oggetti d' uso in vetro a Roma I secolo d. C.



Compassi, fili a piombo, piede pieghevole da Pompei.

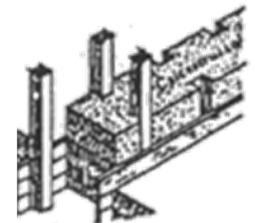
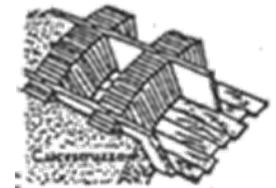
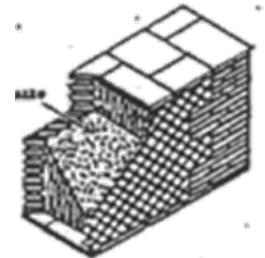
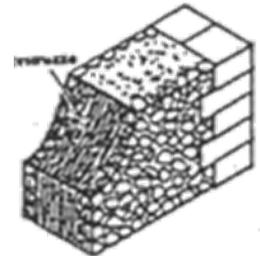
## Dall' età Romana alla Paleocristiana

La **tecnica costruttiva** “ha avuto a disposizione” tutti i principali materiali adatti alla costruzione fra essi tuttavia hanno dominato i materiali adatti alla realizzazione di murature.

L' **arte muraria**: i pieni prevalgono sui vuoti, limitata sporgenza degli aggetti, affermazione della facciata con forme semplici e continue.

Il **mattone** diventa il materiale di base per le costruzioni, mentre la pietra è utilizzata con grande perizia tecnica spesso come rivestimento. Uso generalizzato del mattone, spesso a vista, il suo impiego modificò il sistema costruttivo a blocchi, dal punto di vista strutturale ciò portò maggiore rigidezza ma anche maggiore stabilità.

- tempi di Vitruvio (I sec. a.C.) venivano utilizzati mattoni crudi
- età Augustea (27 a.C.) venivano utilizzati mattoni cotti
- con Tiberio (14-37 a.C.) massima diffusione del mattone cotto



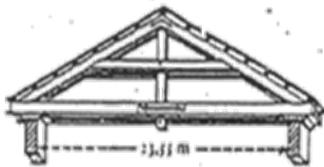
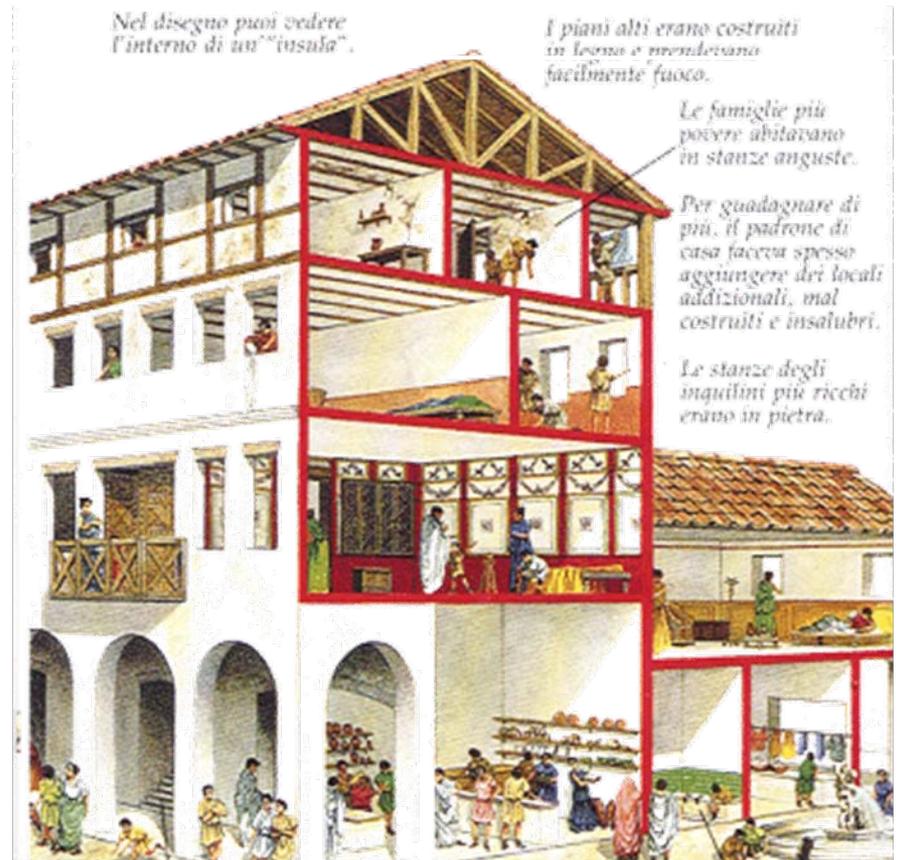
Murature in mattoni, in calcestruzzo ed in pietra

## Dall' età Romana alla Paleocristiana

Il **Legno** ha un grande ruolo nell' architettura diffusa.

Si costruiscono le "insulae", edifici di 4-5 piani:

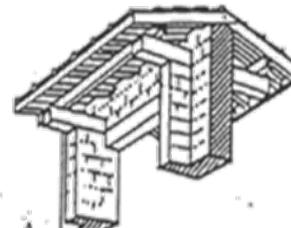
- con strutture a graticci
- con capriata e coperture di grandi luci.



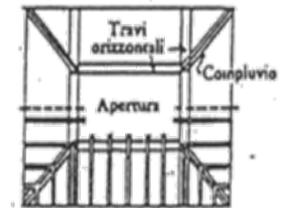
Tetto originario della Basilica di San Pietro a Roma 4 sec. d.C.



Tetto originario della Basilica di San Paolo fuori le Mura 5 sec. d.C.



Tetto a campata semplice



Tetto intorno un cortile

**Le malte: se ne interessano Vitruvio, Varrone, Plinio.**

- spegnimento della calce (da calci vive a calci idrate);
- uso della pozzolana (“*arena fossicia*”) come inerte in sostituzione di inerti di fiume per migliorare la prestazione.

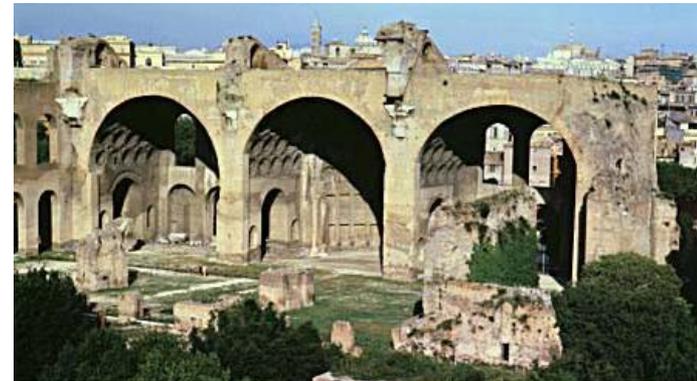
### **Il Calcestruzzo: muratura a sacco**

- malta di pozzolana mista a scaglie di pietra di diversa pezzatura
- utilizzo nei rinfianchi di volte e cupole (Basilica di Massenzio)
- realizzazione di grandi opere voltate (Pantheon)
- inserimento di barre di ferro all’ interno.

**Il Vetro: comprimendo masse vetrose** ottennero “piattelle” rotonde e quadrate con le quali chiusero i vuoti delle murature.



Tempio romano Maison Carrée, 19-16 a.C., Francia



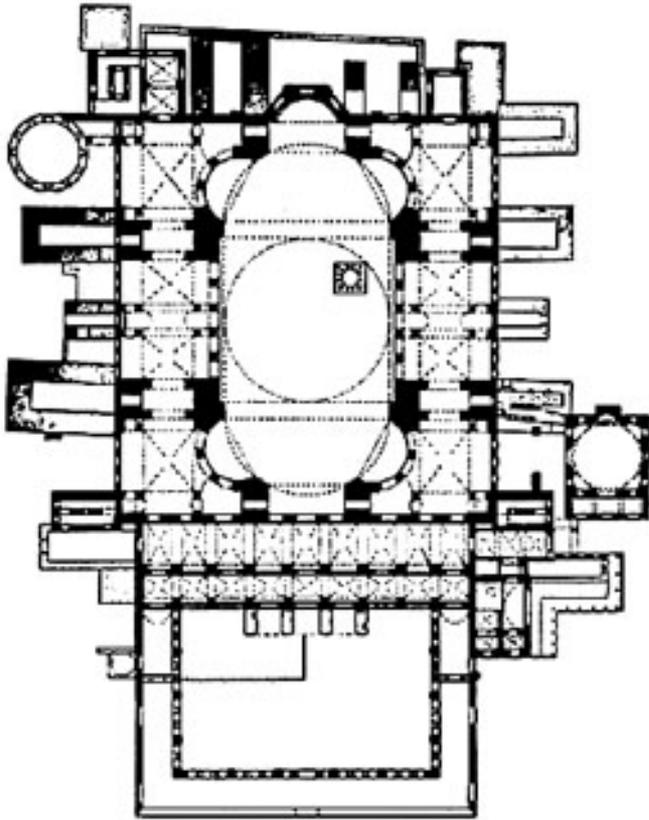
Basilica di Massenzio (4 sec. d. C.), Roma



Pantheon (118-125 d. C.), Roma

## Il Medioevo

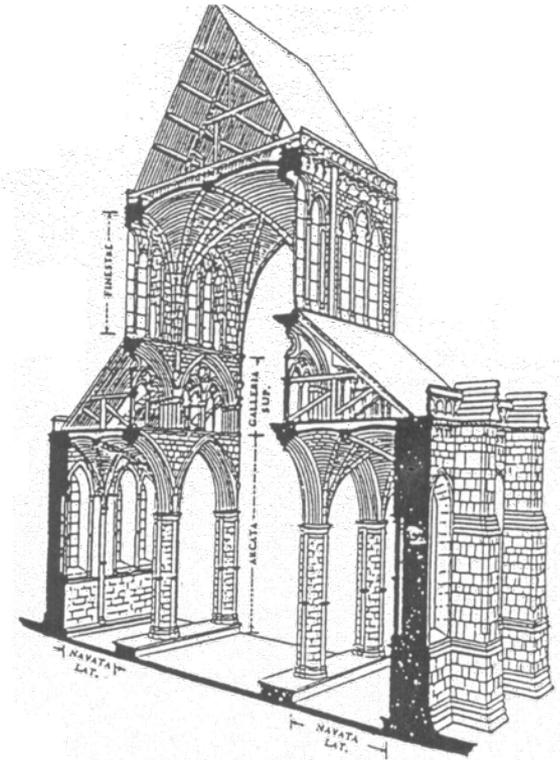
L'architettura bizantina riuscì a ridurre le sezioni strutturali e ad alleggerire le cupole attraverso l'uso dei mattoni forati, ciò consentì di aumentare le dimensioni degli spazi coperti.



Santa Sofia, Istanbul (532-537) – pianta, vista esterna, vista interna

## Si ritorna alle pietre

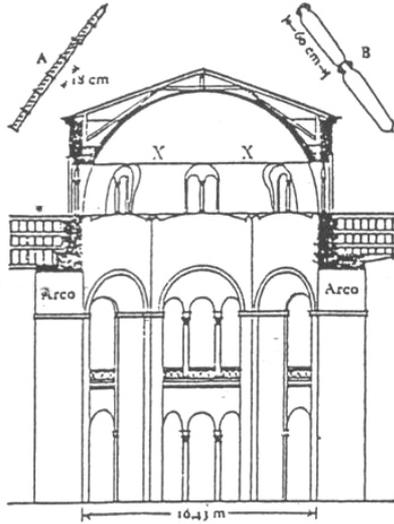
- Nel basso medioevo i costruttori gotici riutilizzano la pietra per opere importanti.
- Il problema dei costi: molti cantieri vengono abbandonati.



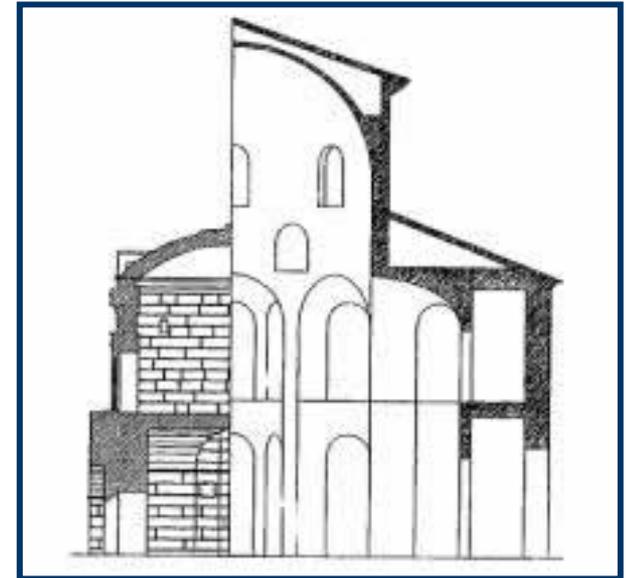
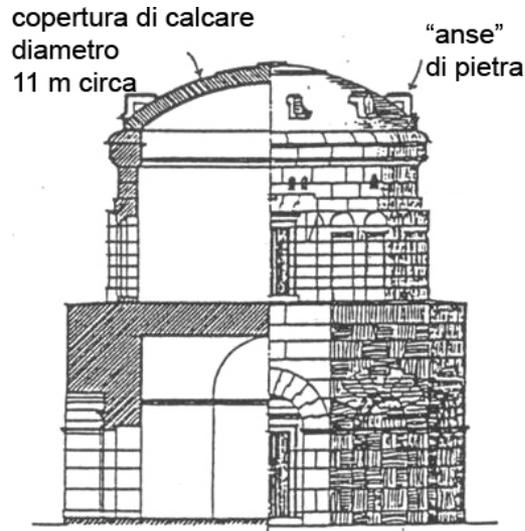
## Il vetro

- Divenne di uso abbastanza generalizzato dopo il Mille
- Lastre trasparenti soffiando grandi ampolle
- Gli sviluppi commerciali della Repubblica di Venezia consentirono di usare svariati minerali che arricchirono la produzione, con vetri trasparenti e colorati.
- La produzione e l'impiego delle tessere musive

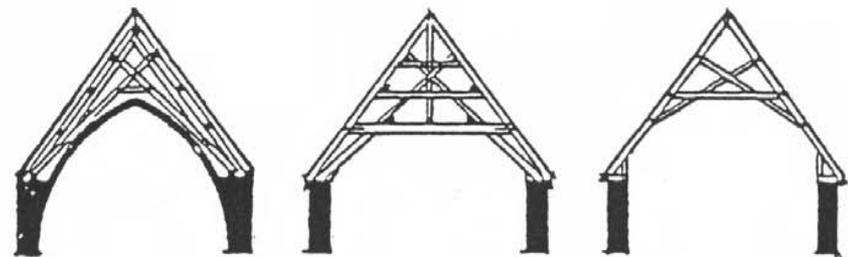
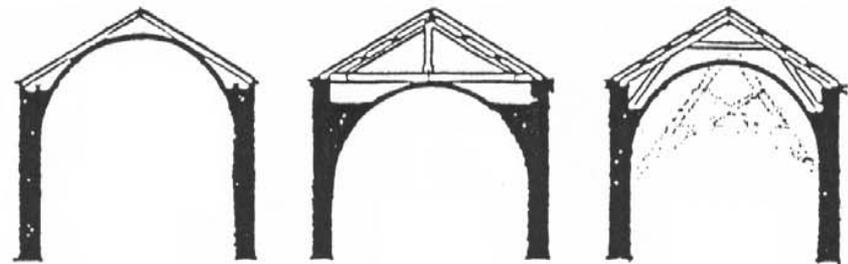
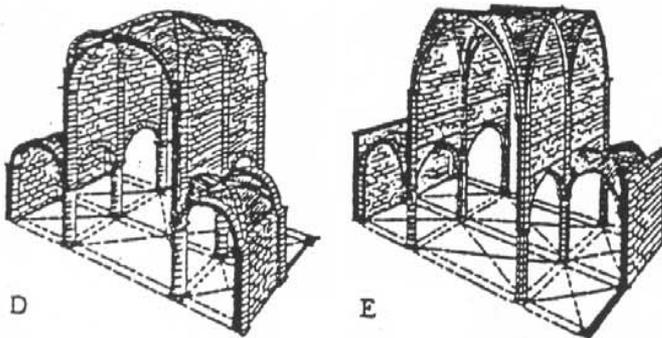
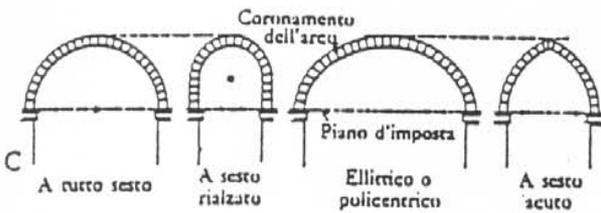
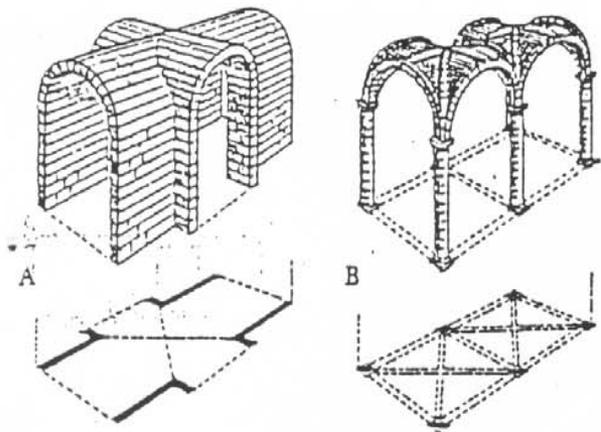
Chiesa di San Vitale, Ravenna (526-547) - sezione della cupola.



Mausoleo di Teodorico, Ravenna (530) – sezione dell' opera monolitica di calcare istriano.



Confronto tra la chiesa di San Vitale e il Mausoleo di Teodorico



Tetti di legno romanici e gotici

Schemi di costruzioni a volta

Tetti di legno romanici e gotici:

## Il Rinascimento ed il Barocco

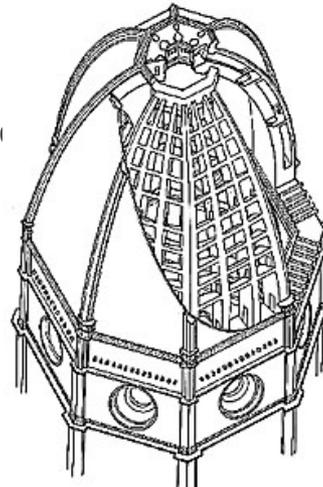
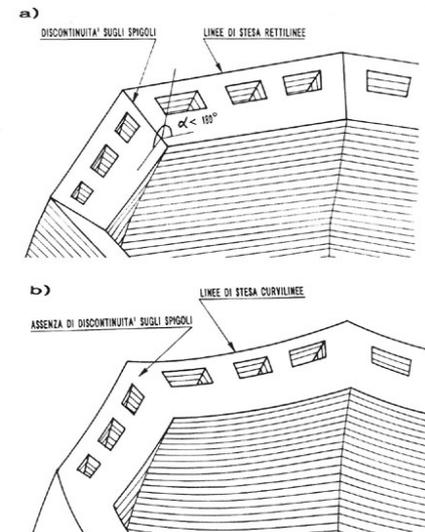
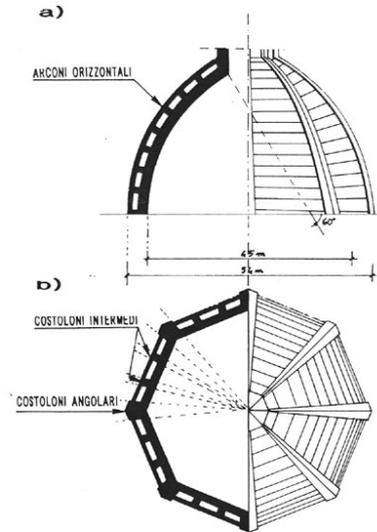
- L'uso del **laterizio** prende il sopravvento.

- La **pietra** fu usata solo per opere di completamento e finitura.

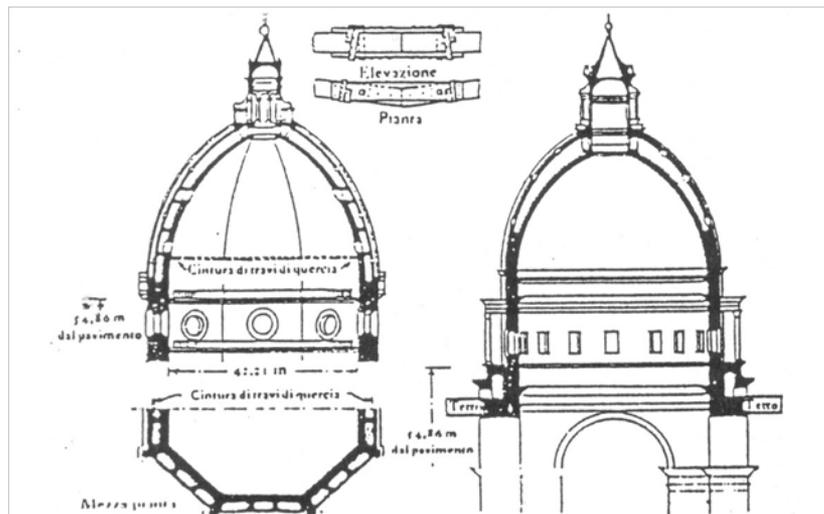
- Il problema delle **malte** resta di primo piano (ad es. calci per lavori in acqua).

- Il **calcestruzzo**: usato per murature a sacco, fino a tutto l'800.

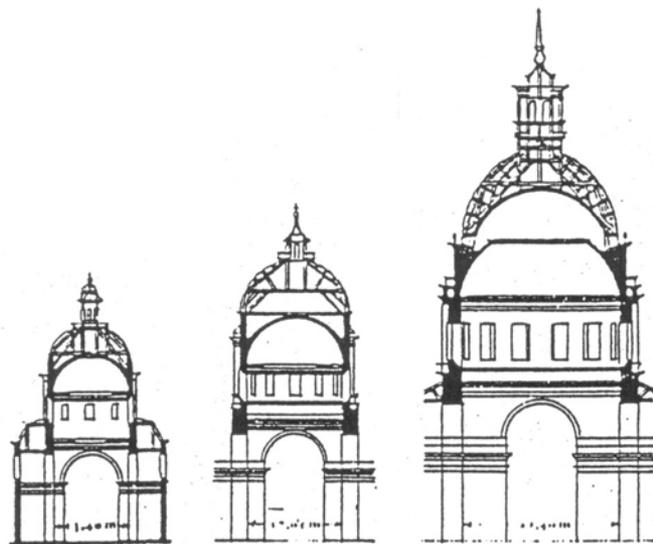
- Il mito fu l'**intonaco**, più adatto del mattone in vista per realizzare lo stacco o la continuità delle linee delle superfici.



Cupola del Duomo, Firenze

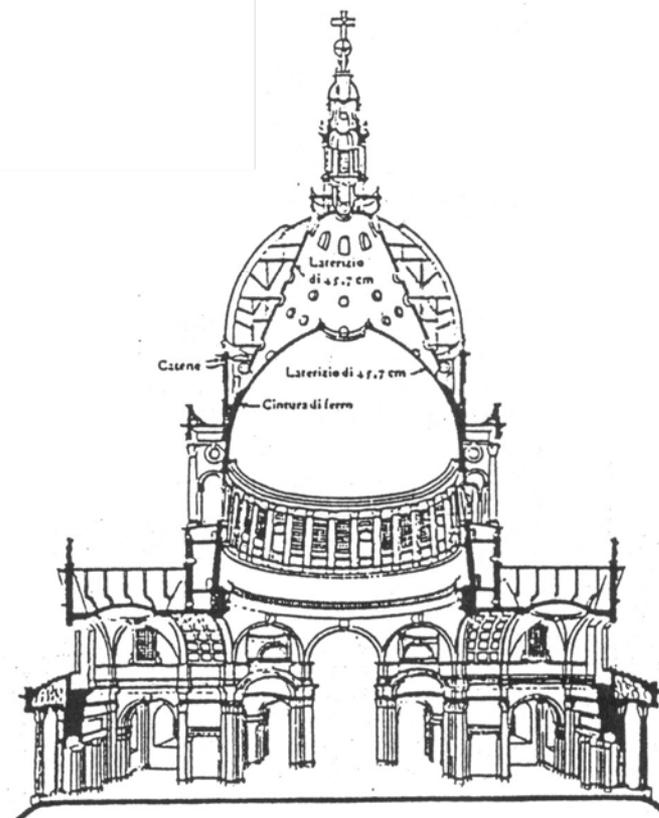


**Costruzione di cupole del Rinascimento italiano**



*Costruzione francese di cupole rinascimentali.*

**Costruzione francese di cupole rinascimentali**

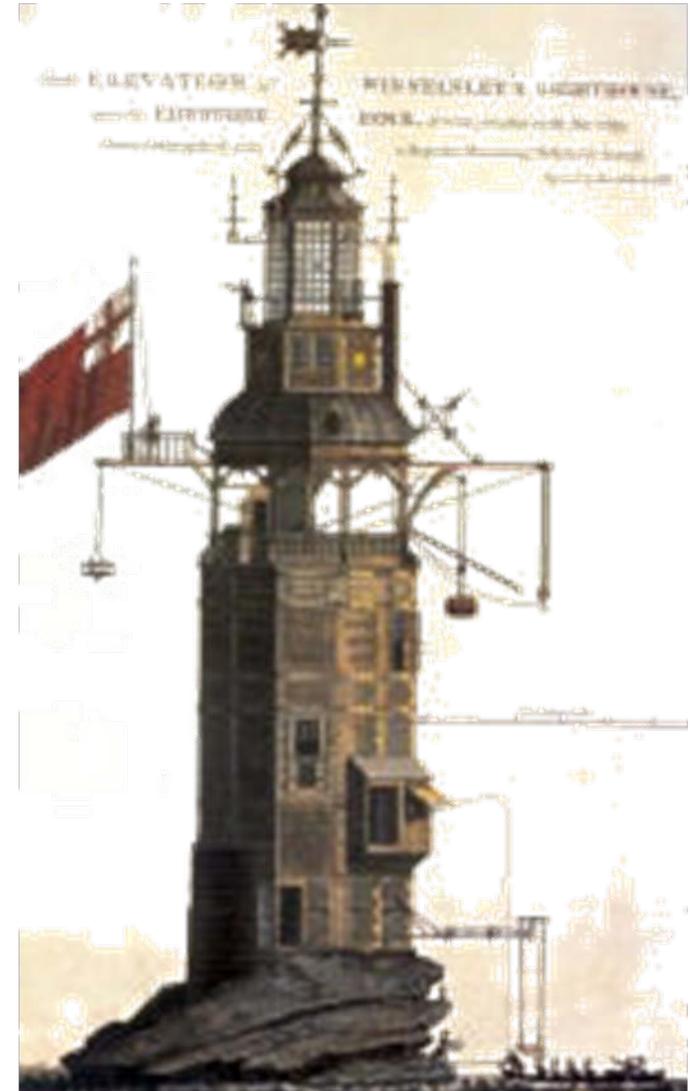


**La Cattedrale di San Paolo, Londra**

## Il Settecento

### Sperimentazioni sulle calce e sui cementi:

- Si definiscono le premesse per le innovazioni sviluppate dalla tecnica edilizia nell' 800 e '900.
- Le ricerche sui leganti in Inghilterra e Francia rilanciano il calcestruzzo.
- Da ricordare: **il faro di Eddyston** di *J. Smeaton* – miscuglio di calce viva, argilla, sabbia e ferro (1774).
- Nel 1796 Parker: il cemento romano
- Nel 1824 Forst: il cemento *British*
- Ricerche di Vicat sulle calce idrauliche



J.Smeaton – Faro di Eddyston

## Il Settecento

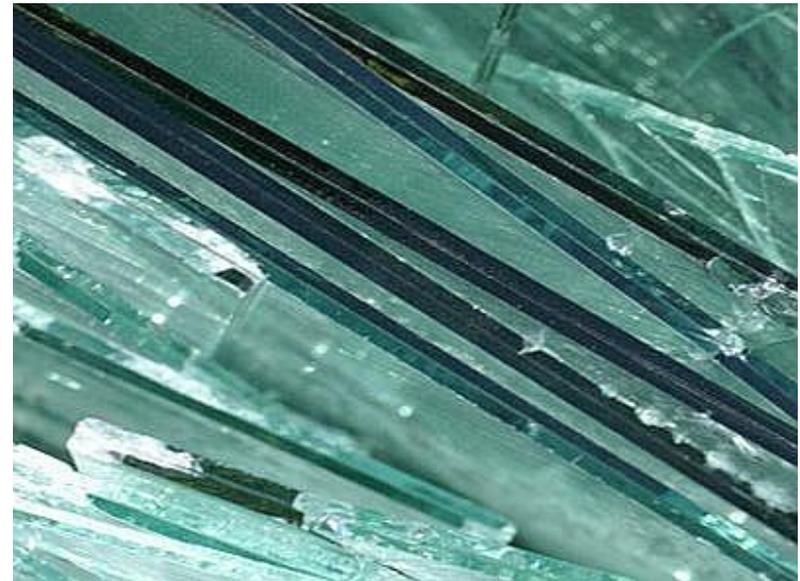
### Prime opere in ferro:

- Forni a carbone fossile: riduzione costi di produzione
- Le membrature sottraggono per la prima volta alla muratura il ruolo portante
- Da ricordare: il Ponte sul Severn di Darby



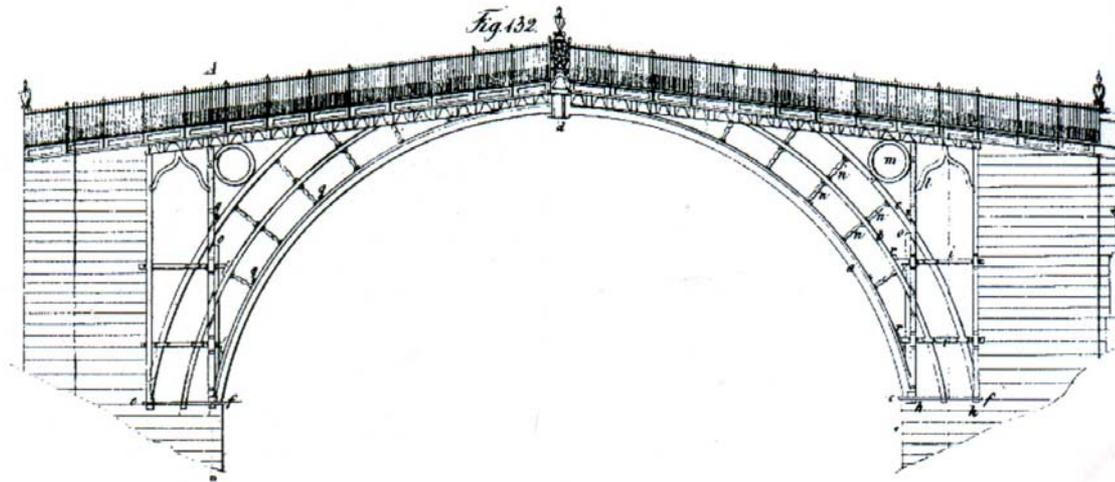
### Progresso prodotti vetrosi:

- Saint Gobain: introduzione della fabbricazione per colata e laminazione di lastre.





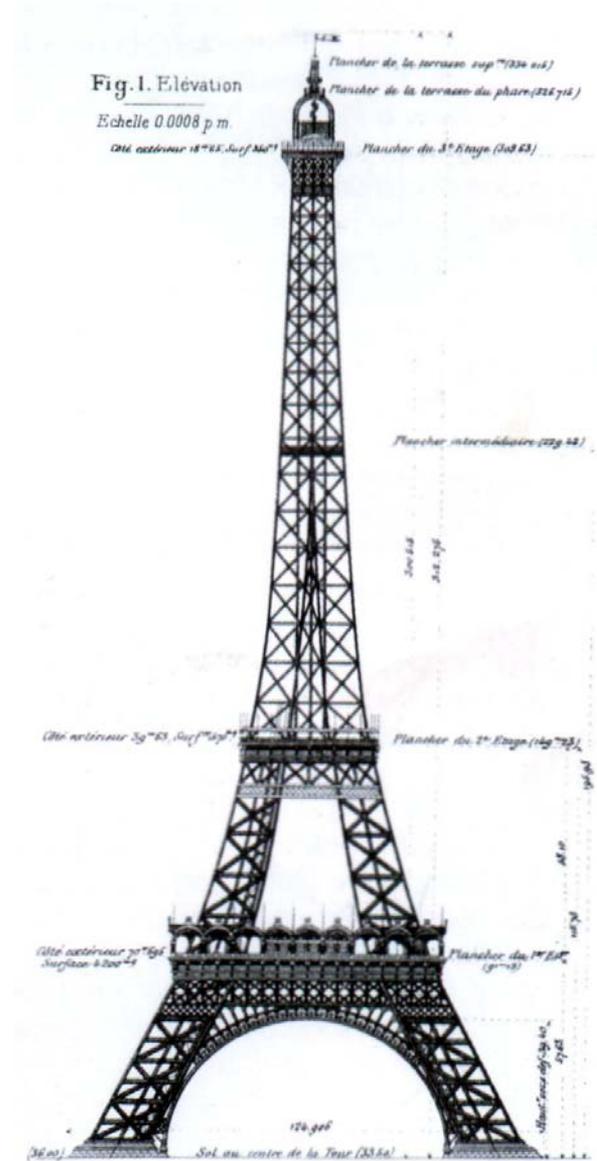
Ponte sul Wear di Sunderland, R. Burdon, 1793-96, L=72 m ghisa e ferro puddellato



Ponte a Coalbrookdale sul Severn, A Darby, 1775-1779, L=30,6 m ghisa

## L' Ottocento ed il Novecento

- La **scienza delle costruzioni** cambia il linguaggio e il pensiero costruttivo, con nuovi schemi statici e strutturali.
- I nuovi materiali sono: il **c.a.** e l' **acciaio**
- Dalle soluzioni *isostatiche* si passa a quelle *iperstatiche*.
- Gli scheletri strutturali supportano l' intero edificio.
- Si riducono le sezioni resistenti, resistenza al taglio e trazione, alta connessione tra le parti.



Torre Eiffel

## L' affermazione del ferro e dell' acciaio

Il primo salto qualitativo si ebbe nel 1855, quando Bessemer realizzò il convertitore per affinare la ghisa su larga scala, quindi:

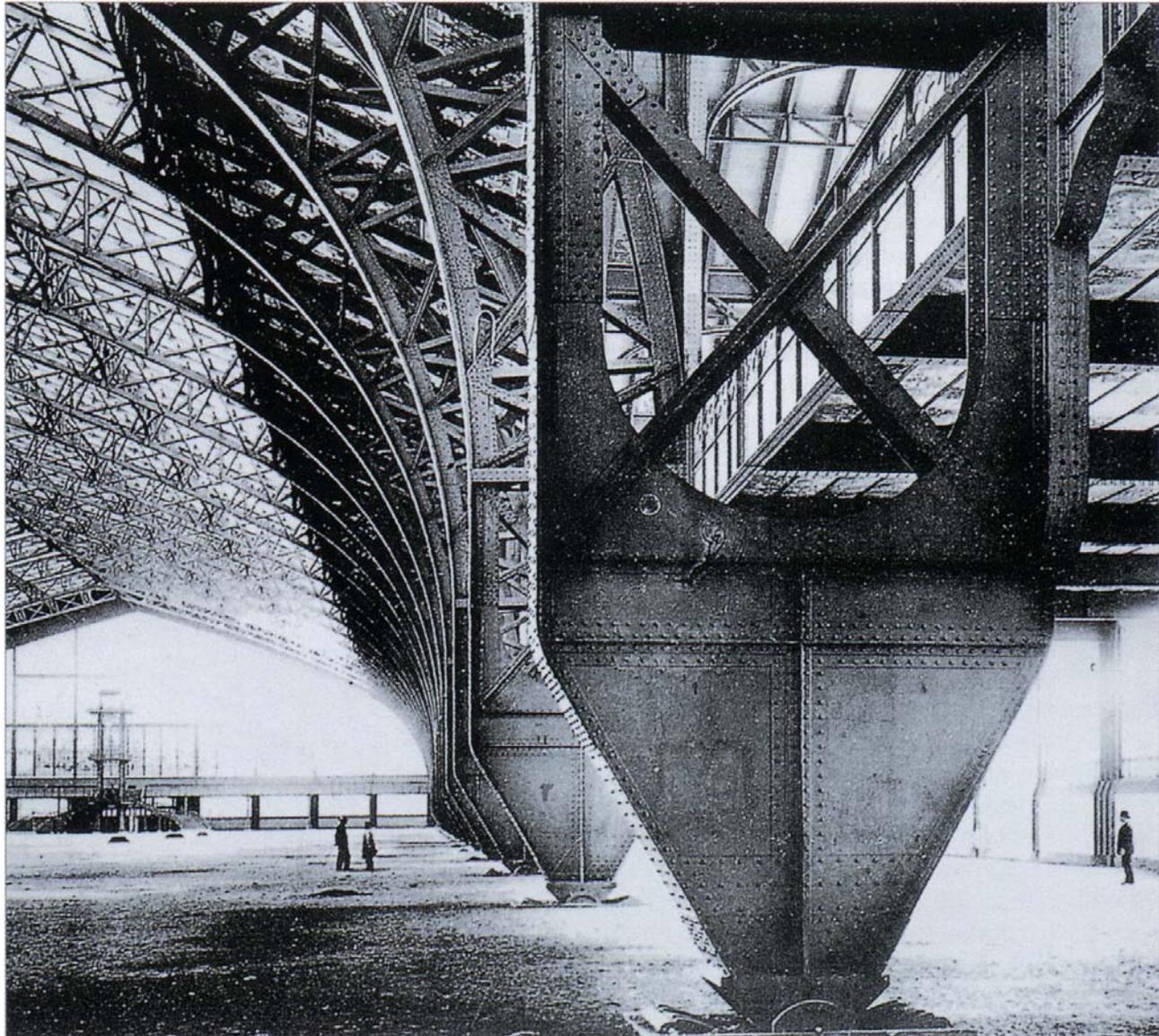
- forno a riverbero di Martin-Siemens (1865)
- convertitore Thomas (1874, eliminazione di impurità)
- successivamente saldatura ad arco (migliore rigidità dei collegamenti)
- grandi ambienti ad uso industriale e commerciale
  - Palazzo di Cristallo di Paxton (1851)
  - Palazzo del Campo di Marte (Parigi, 1867)
  - Galleria delle Macchine a Chicago (1889)
  - Torre di Eiffel (1889)

L' acciaio consente, intorno al 1880, la realizzazione dei **primi grattacieli**

- Scuola di Chicago
- Louis Sullivan

L' acciaio, metafora della leggerezza in architettura:

Mies Van der Rohe (1886-1969)



Galerie des Machines, 1889

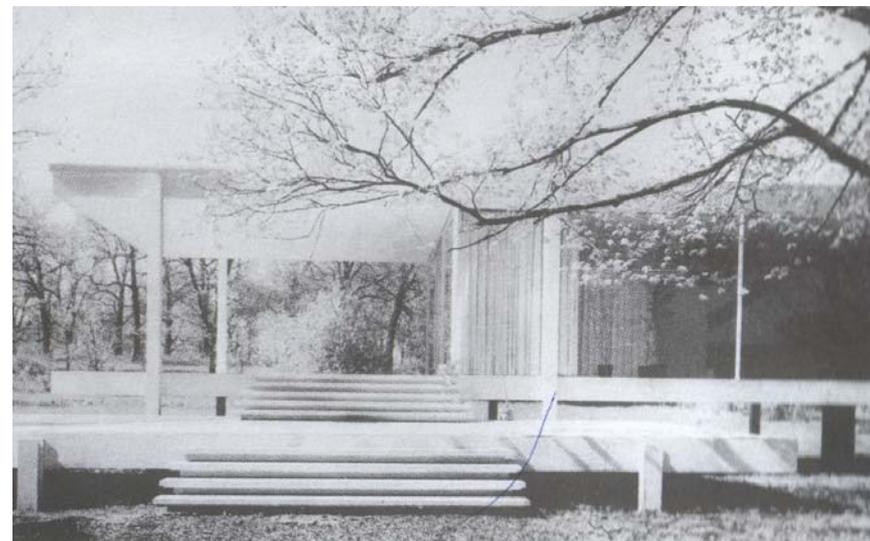
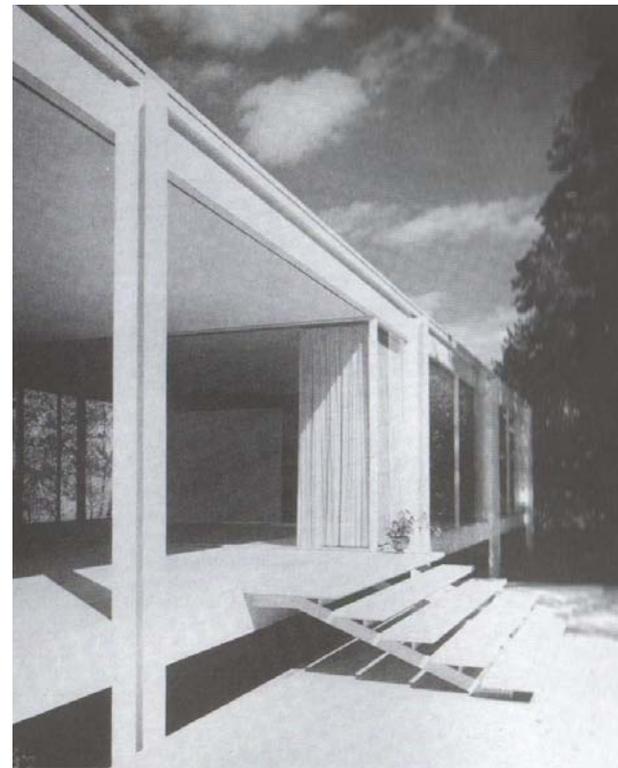
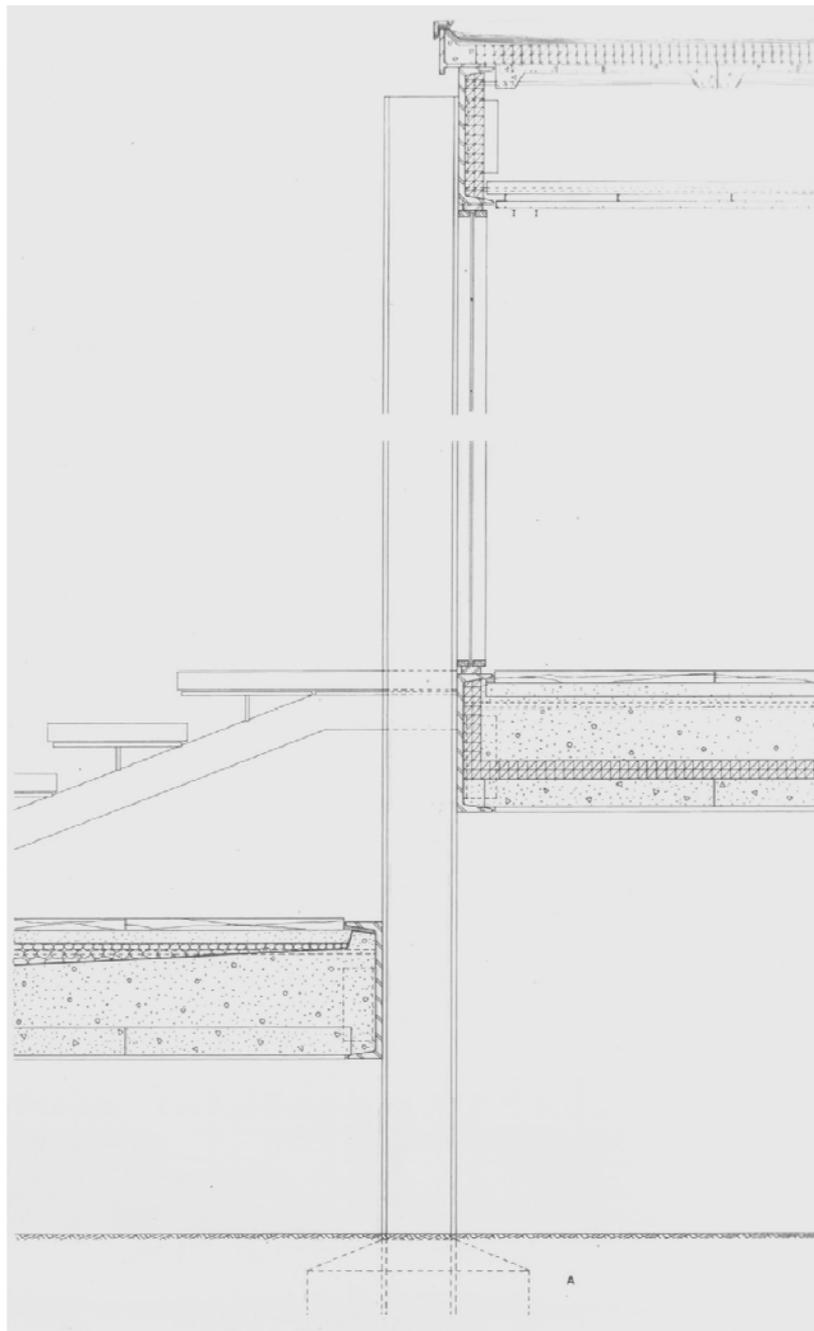
L' acciaio consente, intorno al 1880, la realizzazione dei primi grattacieli americani prodotti dagli architetti della “Scuola di Chicago” di cui Louis Sullivan fu rappresentante più illustre.



Louis Henry Sullivan – Grandi Magazzini  
C.,P. & S., Chicago 1889-04



Burnham & Root – Monadnock Building,  
Chicago 1889-93



Mies van der Rohe – Casa Farnsworth, Fox River Valley, 1950 – sezione parete esterna

## L' Ottocento ed il Novecento

### Cemento armato e precompresso

Primi tentativi di strutture armate:

- opere di Antonelli (1798 - 1888)
- San Gaudenzio a Novara
- Sinagoga di Torino

Si tratta di vere murature armate, subito abbandonate.

L' attenzione fu rivolta ai calcestruzzi armati. Dopo Vicat, il primo cemento fu prodotto a Portland (1824) da Aspdin (calcare + argilla). Fu migliorato da Isacco Johnson nel 1845 (cottura a temp. + elevate) Il conglomerato di cemento prese il nome di calcestruzzo. Unito all' acciaio poté resistere anche a trazione.

Importante per l' architettura: nel 1902 Perret adotta per la casa in rue Franklin un' ossatura in c.a.

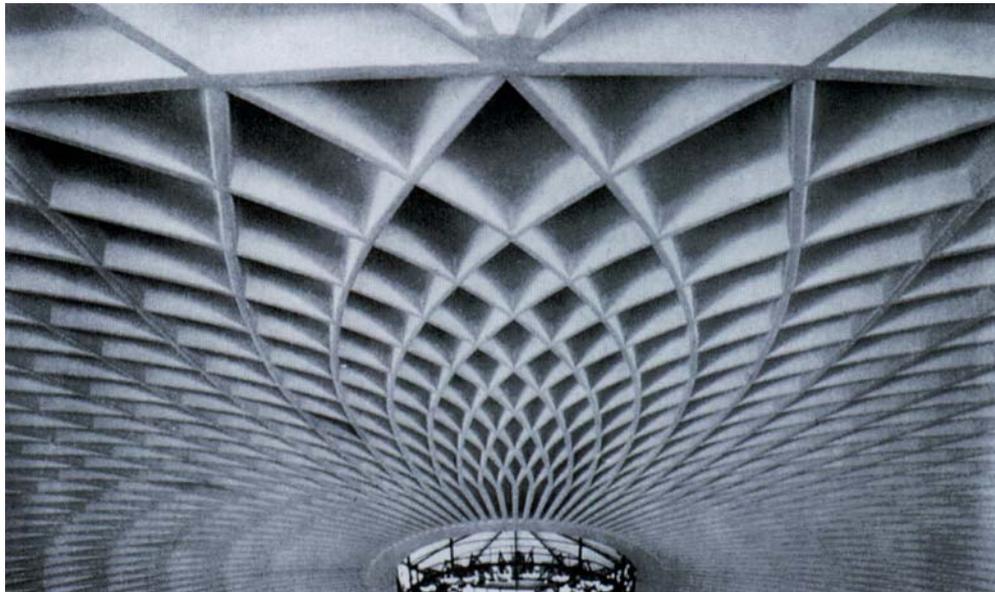
Movimento Moderno: Maillart, Nervi, Torroja, Candela.

Il c.a. precompresso: per grandi strutture

- L' uso della **pietra** solo per rivestimenti e restauri
- Il **laterizio** rimane materiale di larga diffusione



Casa al 25 di rue Franklin, A. Perret - Parigi, 1903



Palazzetto dello sport, P.L. Nervi, Roma 1958-1960

Per gli **acciai** le innovazioni sono indotte dai settori navali e dall' idraulica

- gli acciai CX-TEN
- gli acciai COR-TEN
- le opere di Wachsmann, Fuller, Makowski, Frei Otto, ecc.

I **calcestruzzi leggeri** sono ottenuti con inerti a bassa densità

- architetture a *vele sottili* e a *gusci* (F. Candela)
- Nuove tecnologie del **legno** per eliminare i difetti

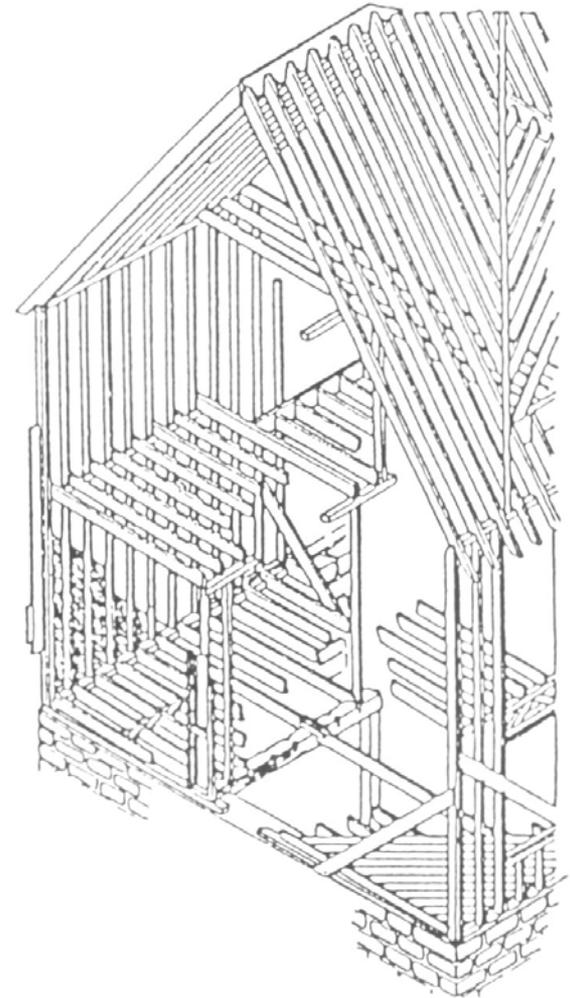
Le **materie plastiche** sono prodotti artificiali di composizione chimica, denominati polimeri organici.

- realizzare curvature irregolari senza assemblaggi
- di peso modesto e resistenti agli agenti atmosferici

La svolta degli anni Sessanta: processi produttivi di industrializzazione avanzata applicati all'architettura



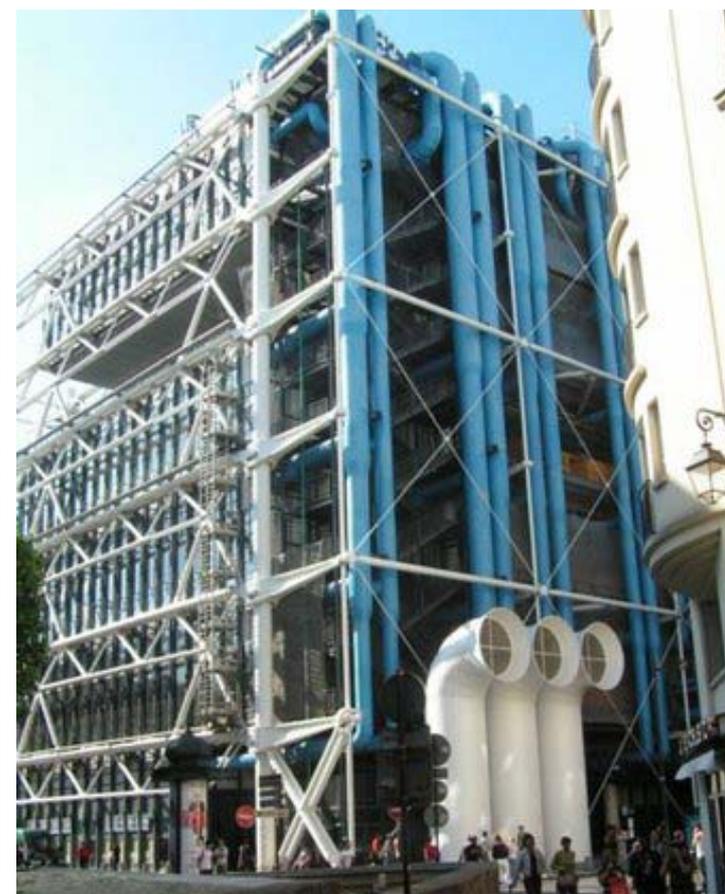
I Padiglione Americano alla "Expo 67", disegnato da R. Buckminster Fuller



Casa a struttura “balloon frame”



Sydney Opera House, Jorn Utzon, Sydney 1957-73

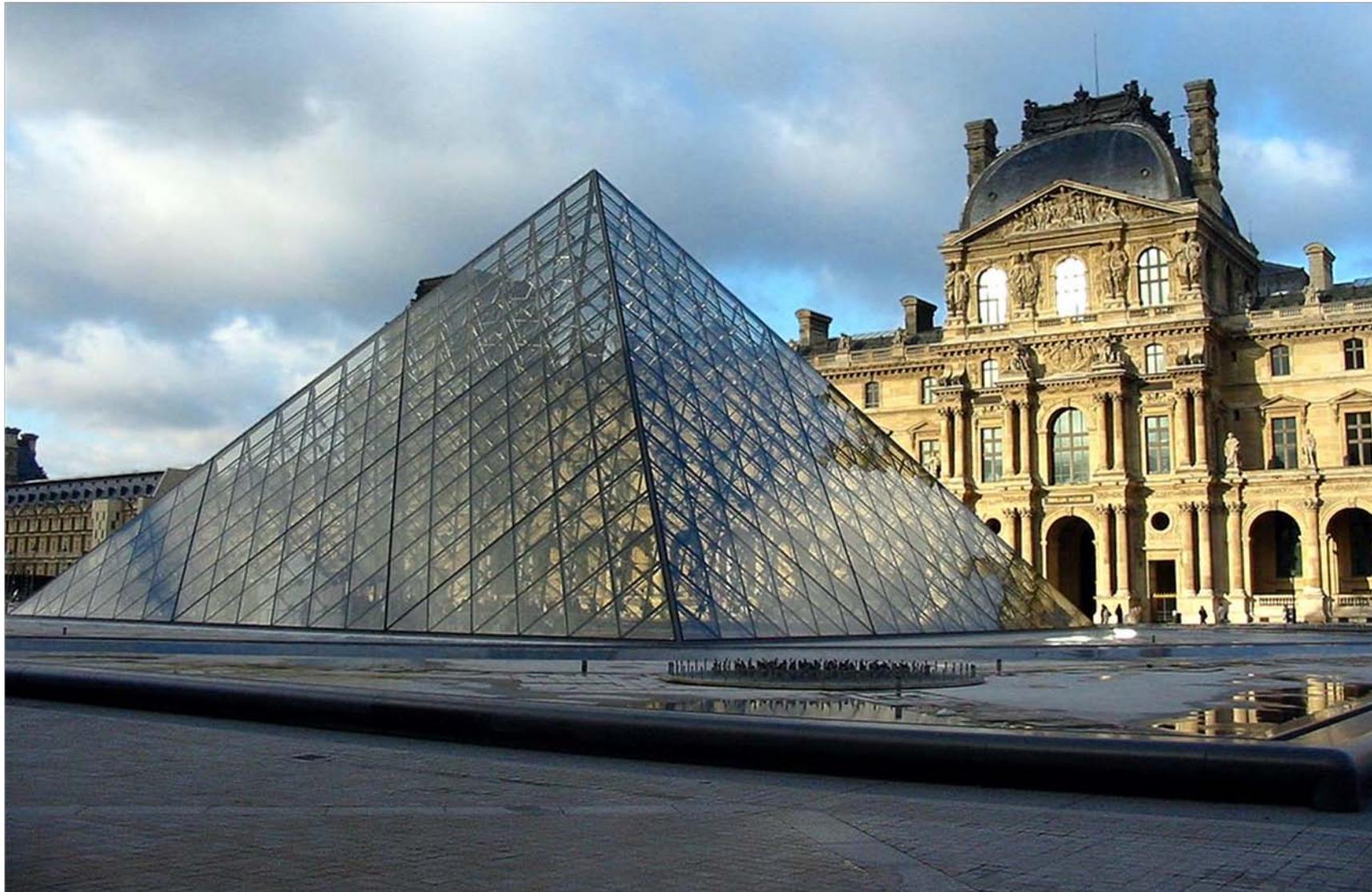


Centro nazionale d'arte e di cultura Georges Pompidou, Renzo Piano – Gianfranco Franchini – Richard Rogers, Rue Beaubourg 19 Parigi, 1969-1974



Torre dei Venti, Toyo Ito, Yokohama-shi, Kanagawa, 1986.

Avvolta in un cilindro di alluminio perforato e circondata da dodici anelli al neon rivestiti da lastre riflettenti in materiale acrilico la Torre modifica l'immagine del suo prospetto tramite 1280 piccole lampade sensibili all'intensità e alla variazione del vento, della luce, della temperatura e al numero dei decibel prodotti dal traffico urbano.

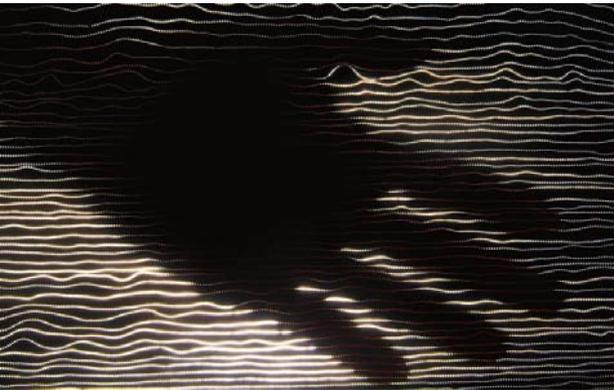


Piramide d'ingresso al Museo del Louvre, Peter Rice, Parigi, 1989.

## Le prospettive e le nuove tendenze

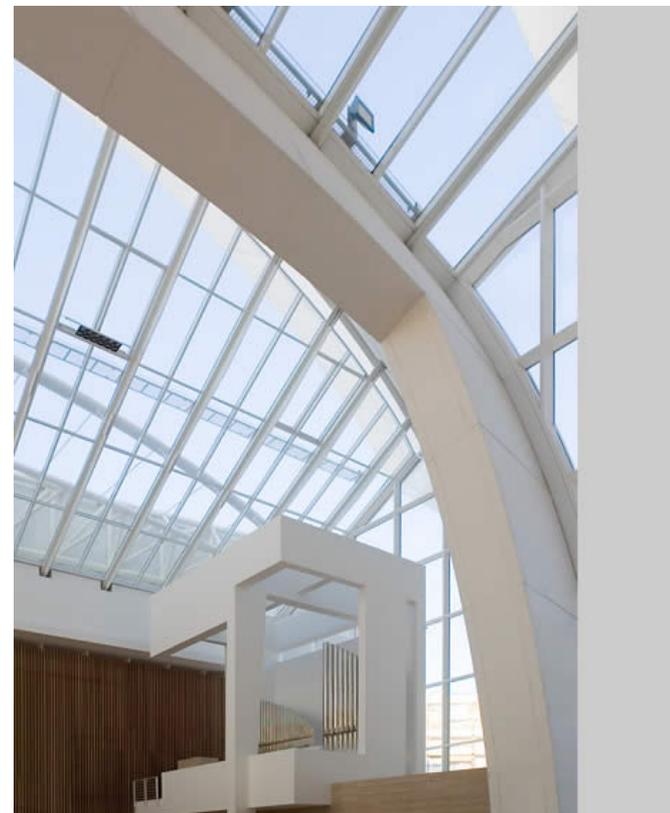
Sebbene in architettura l'innovazione è lenta perché le tradizioni costruttive e l' "esperienza" tendono a radicare sia le tecniche che i materiali anche nel nuovo millennio si sono proposti nuovi materiali tra questi:

Il **cemento traslucido**. Pannelli in cemento pre-stampato arricchiti di fibre di vetro ad effetto traslucido.



Il **cemento osmotico**. E' una malta a base cementizia con aggiunta di inerti specifici che serve per impermeabilizzare e risanare dei manufatti in calcestruzzo

Il **cemento fotocatalitico**. Sfrutta l'energia luminosa per decomporre le sostanze presenti nell'atmosfera, è utile per ridurre l'inquinamento atmosferico nella città e per mantenere pulita la superficie dei manufatti.



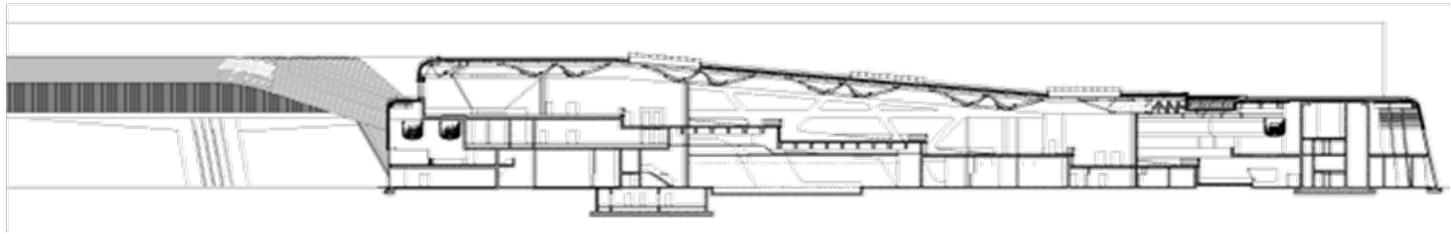
Chiesa "Dio Padre Misericordioso", Richard Maier, Roma, 1998-2000



London Bridge Tower, Renzo Piano, Londra 2000

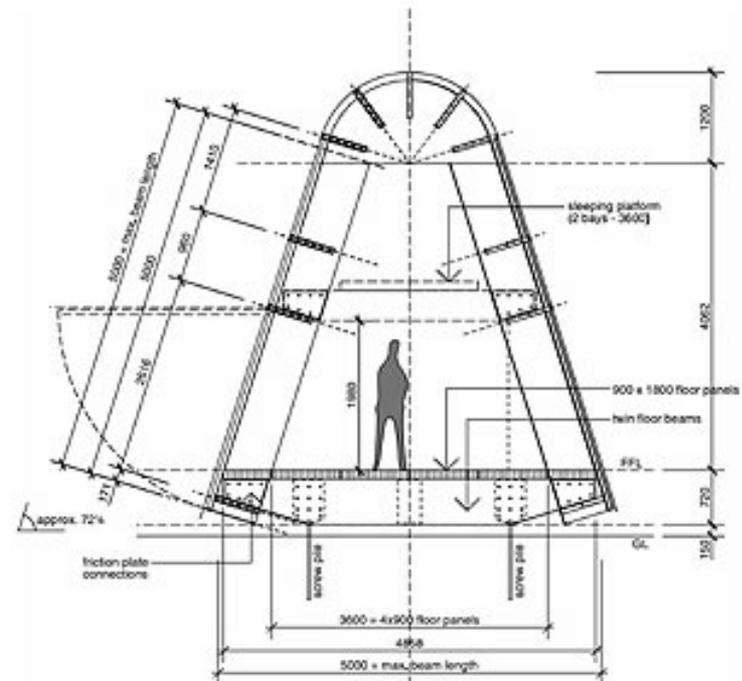


Paul Klee Zentrum, Renzo Piano, Berna 2001-05



Ordrupgaard Museum Extension, Zaha Hadid, Copenhagen 2001-05

Il cartone non è un materiale da costruzione tradizionale!  
Una Casa di Cartone rappresenta una tecnologia costruttiva in grado di ridurre i costi ambientali perché è realizzata in materiale riciclato.





L'architetto giapponese Shigeru Ban ha utilizzato il cartone tubolare piatto per realizzare alloggi civili, padiglioni espositivi e rifugi di emergenza



Universal World House è un prefabbricato modulare costruito con Swisscell, un materiale che utilizza cellulosa estratta da carta e cartone. Questo materiale è impregnato con una resina e ha una struttura ad alveare, cosa che permette un ottimo isolamento e un buon rapporto resistenza/leggerezza.