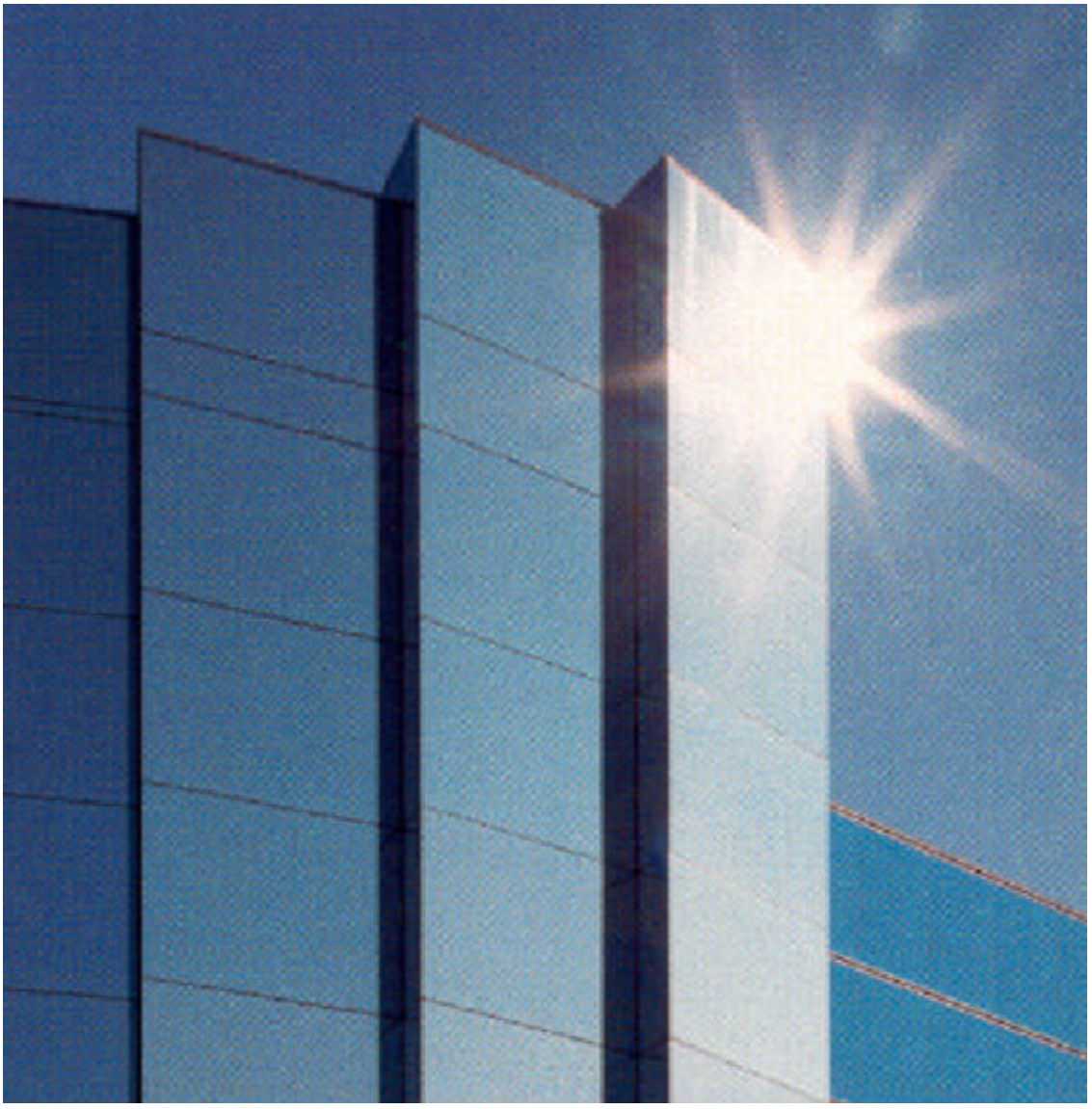
Seminario
Facciate continue in Vetro e Metallo

Ing. Vincenzo Di Naso

Corso di Architettura tecnica II
ICI
docente: *Prof. Arch. Frida Bazzocchi*

A.A. 2004/05



Facciate continue

La parete esterna si configura come un filtro complesso e multifunzionale tra esterno ed interno rispetto all'edificio con il compito di:
- trasmettere alla struttura portante i carichi permanenti (peso proprio) ed accidentali (vento, sisma ed urti);
- separare e conformare gli spazi interni del sistema edilizio rispetto all'esterno;
- difendere gli spazi interni dagli agenti esterni;
- permettere e regolare la trasmissione dei flussi energetici tra interno ed esterno del sistema edilizio;
- consentire e regolare l'illuminazione naturale e la visibilità attraverso;
- consentire e regolare la ventilazione degli spazi interni;
- permettere e regolare il passaggio di persone e cose tra gli spazi interni ed esterni.

Nello specifico le facciate continue sono efficacemente descritte dalla definizione contenuta nel progetto di norma prEN 13830 "Curtain walling - Product standard" che definisce la facciata continua come: una chiusura esterna verticale costituita da una ossatura realizzata principalmente in metallo, PVC o legno. Normalmente essa è costituita da un reticolo di elementi portanti verticali ed orizzontali tra di loro connessi ed ancorati alla struttura dell'edificio, al fine di sostenere un rivestimento di facciata continuo e leggero che ha il compito di garantire tutte le funzione tipiche di una parete perimetrale esterna comprese la resistenza agli agenti atmosferici, la sicurezza nell'uso, la sicurezza ed il controllo ambientale, ma che comunque non contribuisce alle caratteristiche portanti della struttura dell'edificio.

Dalla definizione di cui sopra si evincono alcuni elementi essenziali per la comprensione del concetto di "facciata continua", in particolare:
- è sempre possibile individuare una ossatura che si configura come la struttura della facciata;
- la struttura della facciata si conforma come un reticolo strutturale;
- la facciata non collabora con la struttura dell'edificio nel suo complesso, quindi risulta essere esclusivamente autoportante;
- la facciata continua deve soddisfare tutti i requisiti richiesti per le chiusure esterne (UNI 7959).

Nello specifico saranno trattate esclusivamente le facciate continue in vetro e metallo, il cui schema è sinteticamente descritto dalla *figura 1*.
Nello schema si possono facilmente individuare:
- il sistema di fissaggio della facciata alla struttura principale dell'edificio solitamente costituito da staffe;
- elementi strutturali verticali denominati montanti;
- elementi di collegamento tra i montanti per garantirne la continuità strutturale definiti cannotti;
- elementi strutturali orizzontali denominati traversi;
- il sistema di completamento e di chiusura della facciata costituito sia da pannelli vetrati e da di frequente anche da pannelli opachi.

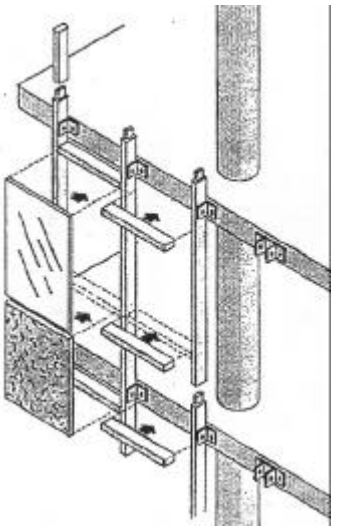


figura 1 - Schema di una facciata a montanti e traversi

La nostra trattazione si occuperà dei vari elementi sopra elencati, ciò occupandosi dei sistemi di facciata maggiormente diffusi e più di frequente utilizzati. A conclusione di questa si allegheranno alcune immagini di edifici che impiegano i sistemi di facciata qui descritti e alcune applicazioni di facciate continue trasparenti con tecnologie alternative a quelle più consuete.

Staffe di fissaggio

Una facciata continua in vetro e metallo è solitamente ancorata alla struttura principale dell'edificio mediante staffe di fissaggio. Un esempio di staffa è quella rappresentata in *figura 2*. Questa oltre a consentire l'ancoraggio ha il compito di assorbire le tolleranze costruttive che sono proprie della struttura principale, in particolar modo se in c.a.. E' infatti fondamentale comprendere il differente grado di pre-

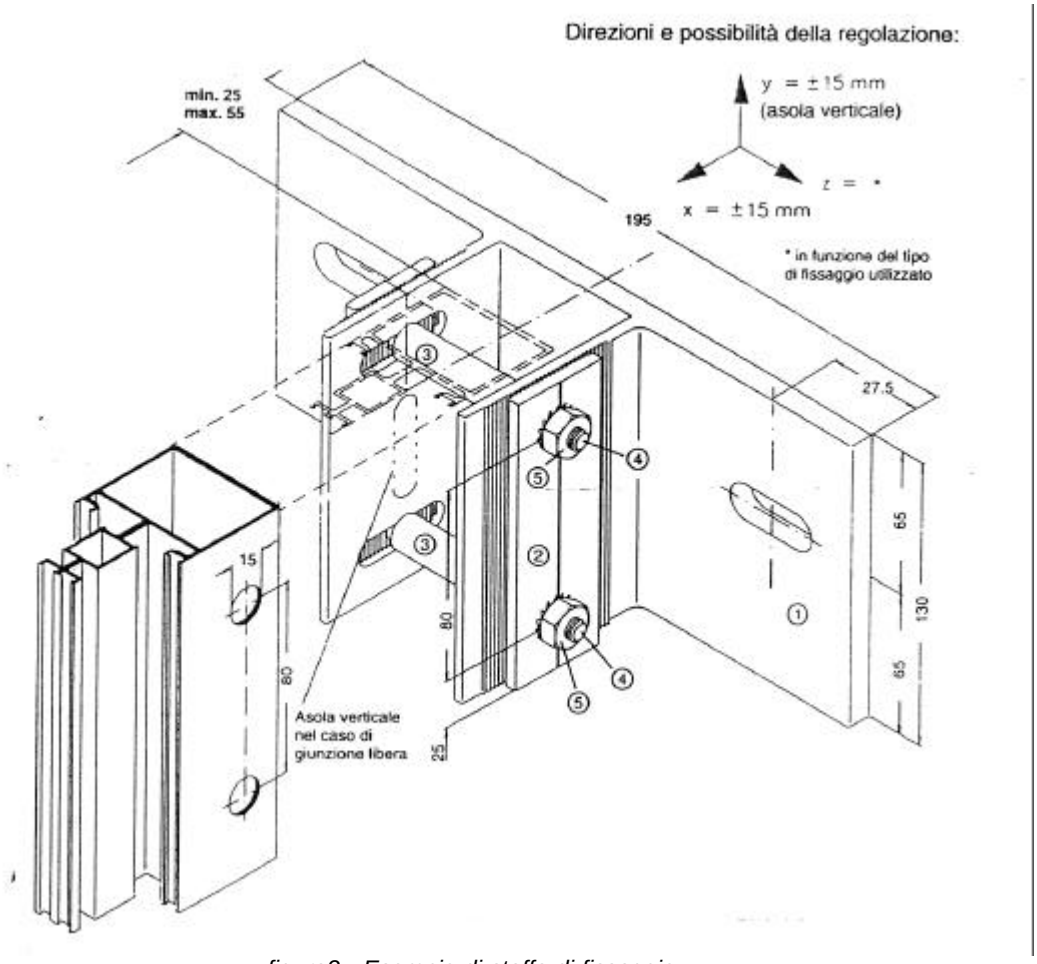


figura2 - Esempio di staffa di fissaggio

cisione che è proprio delle tecnologie del cemento armato, dell'ordine del centimetro, e quelle della serramentistica, dell'ordine del millimetro. Le staffe di fissaggio infatti consentono una regolazione di 1.5-2 cm nelle tre direzioni dello spazio.

Lo spostamento in direzione dell'asse della soletta in c.a. è garantito mediante due fori asolati sulle due ali dell'elemento che accolgono la vite di fissaggio alla struttura principale.

Lo spostamento in direzione ortogonale al piano della facciata è permesso sempre da asole sull'elemento di accoglimento del montante della sottostruttura della facciata. Al fine di garantire che la vite di fissaggio non trasli nell'asola, è presente una zigrinatura sulla superficie della staffa ed un elemento a contrasto anch'esso zigrinato, che garantisce il mantenimento della posizione. Le viti di fissaggio sono due, quella più alta è il fissaggio del parte inferiore del tratto di montante che sta sopra la staffa, la vite inferiore invece trattiene la testa del tratto di montante inferiore. Si porta all'attenzione che i montanti sono praticamente "appesi" poiché il foro inferiore è asolato in direzione verticale, ciò per sollecitare il montante esclusivamente a trazione, così da evitare instabilità pressoflessionali, sennonché garantire le dilatazioni termiche.

Infine lo spostamento in direzione verticale è garantito dal sistema di fissaggio della staffa.

Le modalità per risolvere la regolazione della staffa dipende comunque dal sistema utilizzato, in *figura 3*

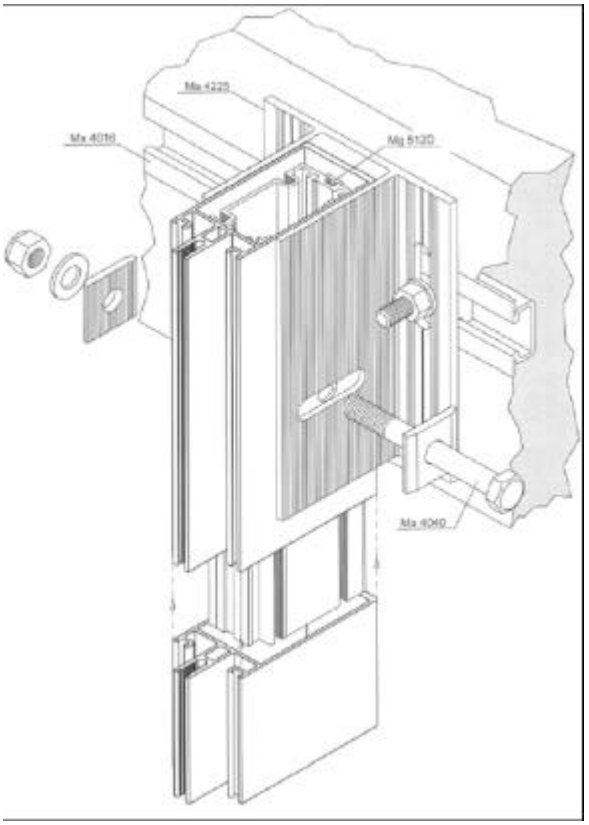


figura 3 - Altro esempio di staffa di fissaggio

è mostrato un altro esempio in cui le tolleranze sono risolte in altro modo. Si può inoltre vedere l'elemento Halfen predisposto nel getto della soletta in c.a. per l'accoglimento della vite di fissaggio della staffa.

Montanti e traversi

La struttura che garantisce l'autoportanza della facciata è un sistema di montanti e traversi. In *figura 4* e *figura 5* è mostrata in assonometria una porzione di facciata continua. Il sistema della sottostruttura possiede al suo interno un ordine gerarchico in rapporto all'importanza che l'elemento assume nella statica del sistema. In *figura 6* è mostrato un esempio di una porzione di sottostruttura con la relativa gerarchia.
Generalmente il materiale impiegato è l'alluminio. La scelta di questo metallo è legata fondamentalmente a due motivi:

- la notevole duttilità che consente di ottenere profilati con forme assai complesse;
- peso contenuto
- la resistenza alla corrosione.

Quest'ultima è garantita dalla capacità dell'alluminio di autoproteggersi mediante una pellicola di ossido che si forma per il naturale processo di ossidazione di questo. Nell'utilizzo corrente tale proprietà viene

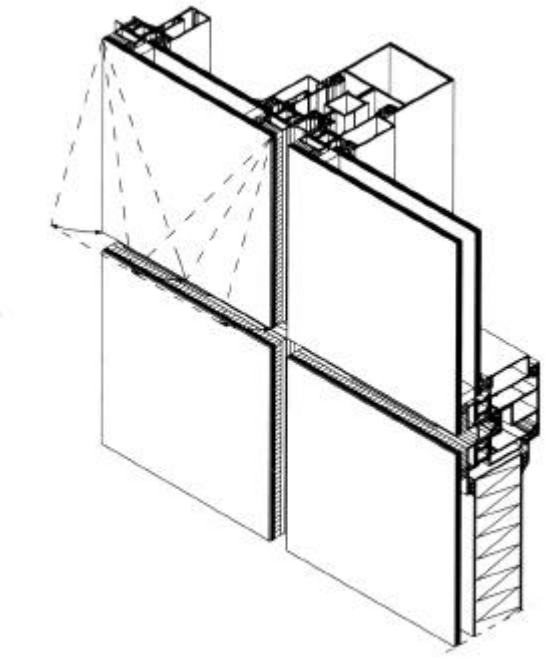


figura 4 - Assonometria di una porzione di facciata in vetro strutturale

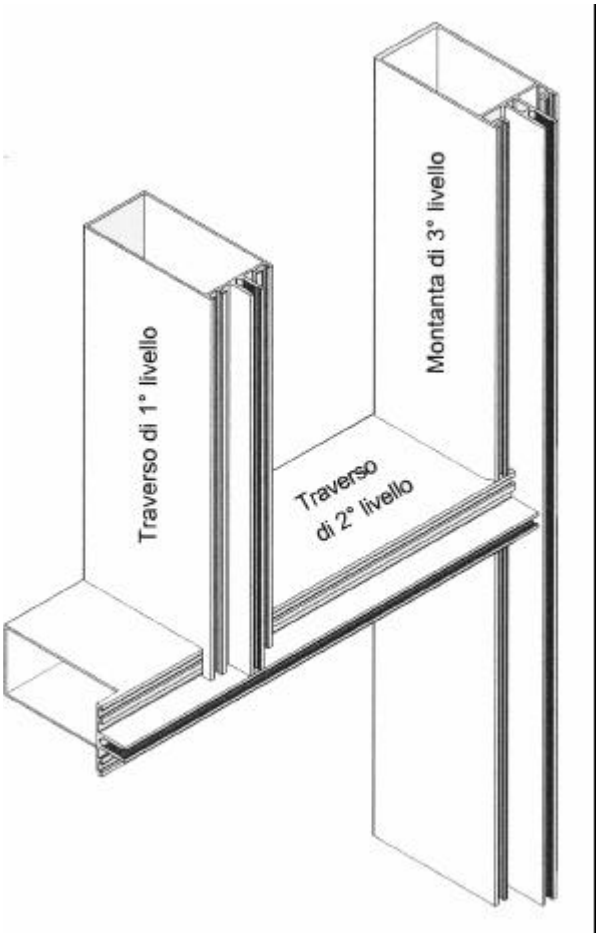


figura 6 - Esempio di gerarchia degli elementi strutturali del sistema di facciata

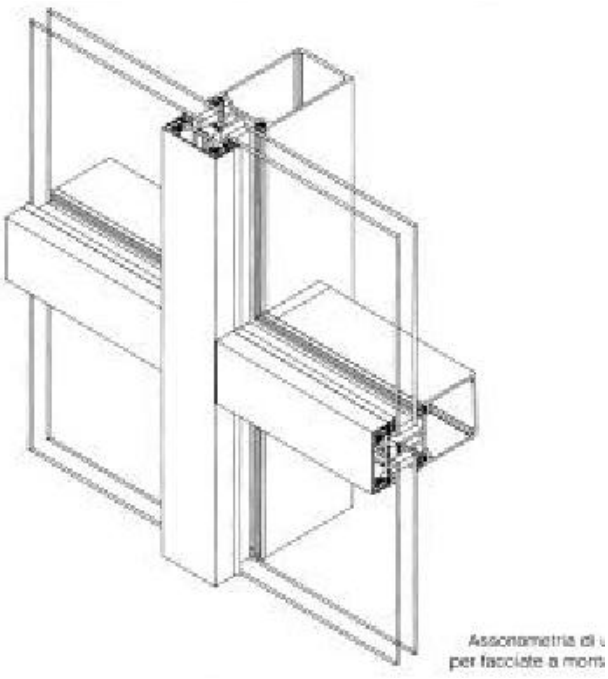


figura 5 - Assonometria di una porzione di facciata con pressore

sfruttata per sottoporre i profilati a un trattamento denominato anodizzazione con il quale si favorisce la formazione di ossido sino a formare uno strato di 10-20 mm, che permette di ottenere una protezione maggiore di quello che si formerebbe naturalmente di 1/100 mm.
In tabella 1 si mette a confronto le caratteristiche meccaniche dell'alluminio con quelle dell'acciaio.

Proprietà	Alluminio	Acciaio
Peso specifico (kN/m^3)	27.00	78.50
Punto di fusione (°C)	658	1450
Coefficiente di dilatazione lineare (°C^{-1})	2.3 10-5	1.2 10-5
Conducibilità termica (cal cm s °C)	0.52	0.062
Modulo elastico E (N/mm^2)	70000	210000
f0,2 (N/mm^2)	260	235
ft (N/mm^2)	320	360
$\mathbf{e}_t$	10-25%	25-30%

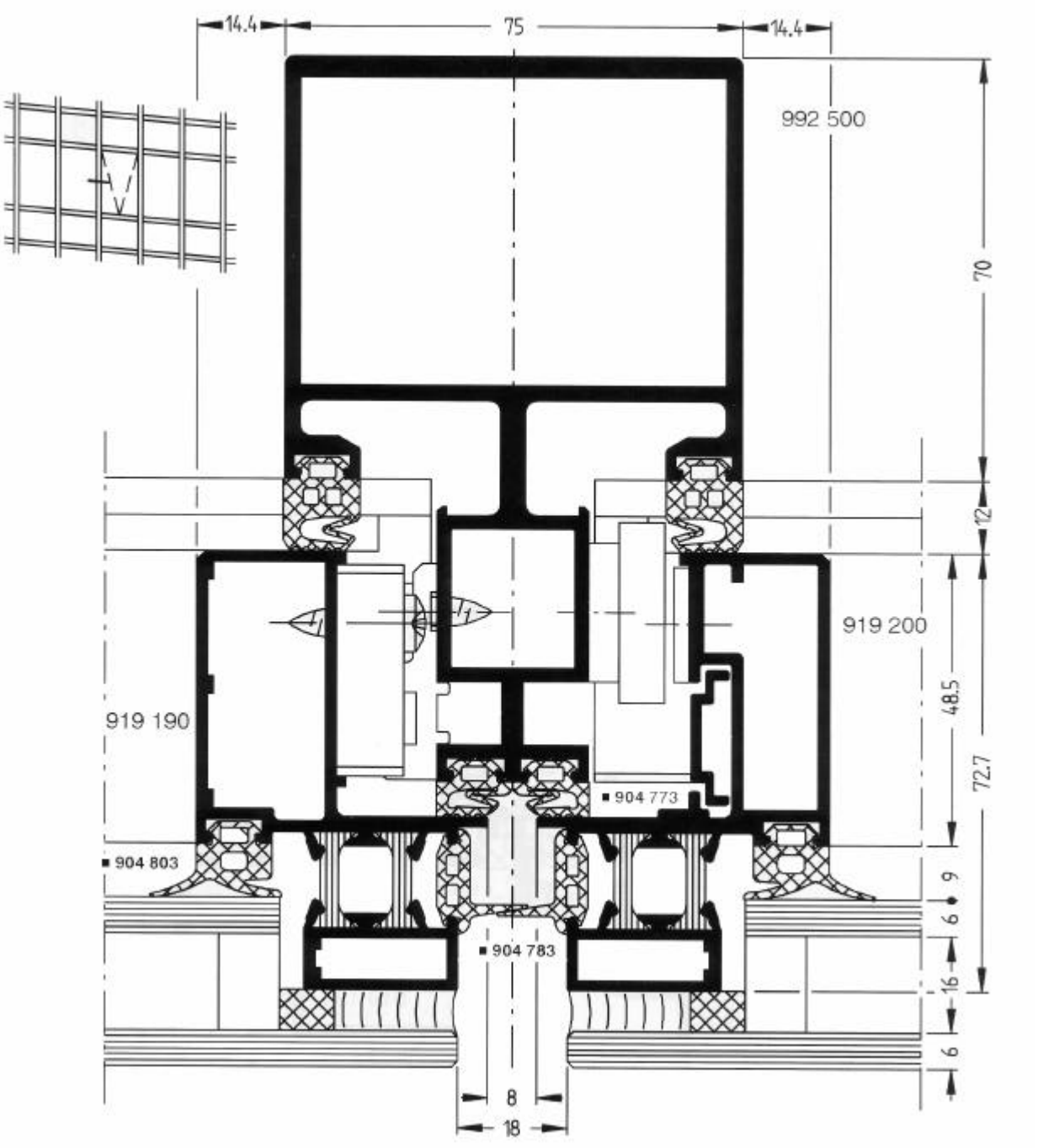


figura 7 - Sezione di una facciata in vetro strutturale in corrispondenza di un montante

I valori sopra riportati sono esclusivamente indicativi, in quanto questi varieranno in funzione della composizione chimica dei due metalli.
Dalla tabella risulta assai evidente la maggiore deformabilità dell'alluminio rispetto all'acciaio, sennonché la notevole conducibilità termica. Tutto ciò consente di comprendere la conformazione di una sezione di un montante o di un traverso di una facciata. In *figura 7* e in *figura 8* è mostrata la sezione tipo di un montante e di un traverso. Nel caso specifico del montante di una vetrata strutturale (*figura 7*) è possibile individuare tre parti tra loro divise da guarnizioni di battuta o elementi in materiale plastico. La prima, quella più in alto, è quella che assolve la funzione statica del montante, che è direttamente connessa alle staffe di fissaggio. La seconda, i due elementi laterali, è la parte del telaio dei pannelli, già assemblati in officina, che si fissa alla parte principale del montante mediante gli accessori indicati in *figura 9* e *figura 10*. La terza parte fa sempre parte del sopra intro-

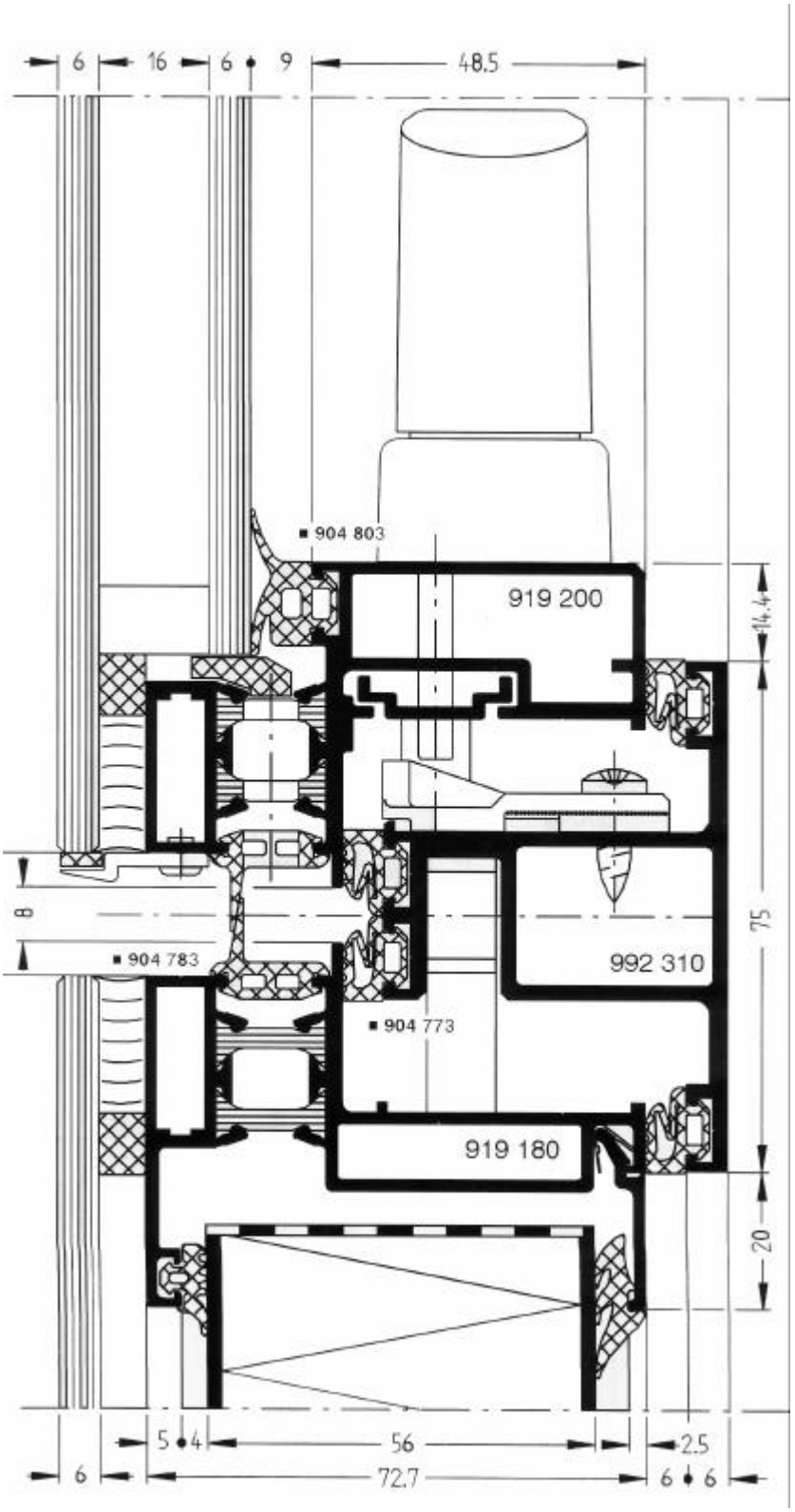


figura 8 - Sezione di una facciata in vetro strutturale in corrispondenza di un traverso

dotto telaio, che è connessa all'altra mediante barrette in poliammide rivestite in fibra di vetro, sulla quale sono incollate le vetrate o i pannelli opachi, mediante silicone strutturale. Le barrette di poliammide sono quelle che garantiscono il taglio termico del profilato. Infatti la notevole conducibilità termica dell'alluminio comporta la necessità di interrompere la continuità tra la parte del telaio a contatto con l'esterno dell'edificio e quella a contatto con l'interno. Ciò è ottenuto appunto mediante le barrette in poliammide che garantiscono la continuità strutturale del profilato in quanto grazie al rivestimento in fibra di carbonio possiedono una notevole rigidezza, dall'altra interrompono il flusso di calore in quanto la poliammide è caratterizzata da una bassissima conducibilità termica.
Nella sezione del traverso (*figura 8*) è inoltre possibile vedere la presenza di un elemento sotto la lastra di vetro superiore. Questo ha la funzione di sostenere la lastra che si appoggia su questa o semplicemente di sicurezza nel caso in cui il silicone strutturale, a cui ci si affida per connette il vetro all'alluminio, cedesse. Sempre nella sezione sul traverso è possibile vedere la presenza di un pannello in materiale isolante opaco a sua volta coperto da una lastra di vetro complanare con quella esterna della vetrata superiore. Questo viene talvolta introdot-

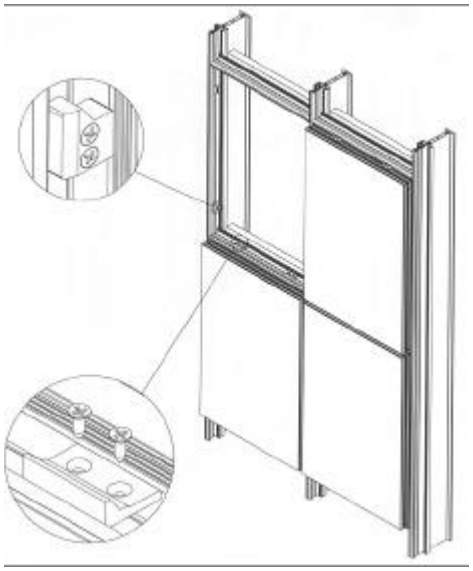


figura 9 - Accessori fissati sui montanti e traversi della facciata che consentono il fissaggio del pannello

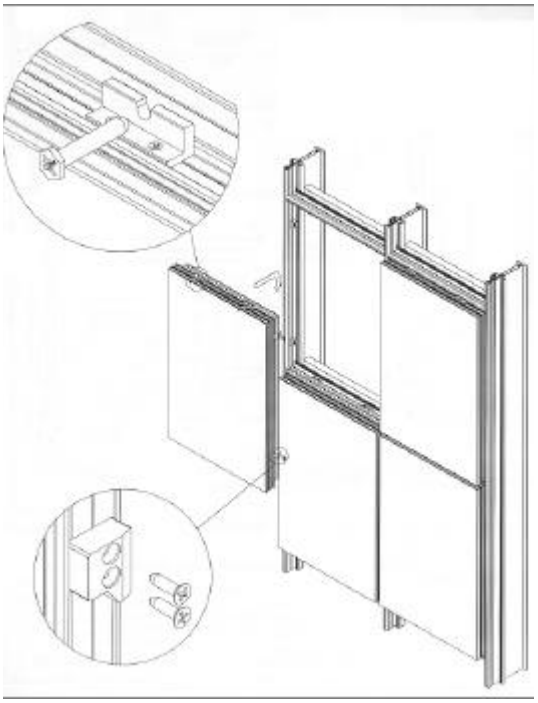
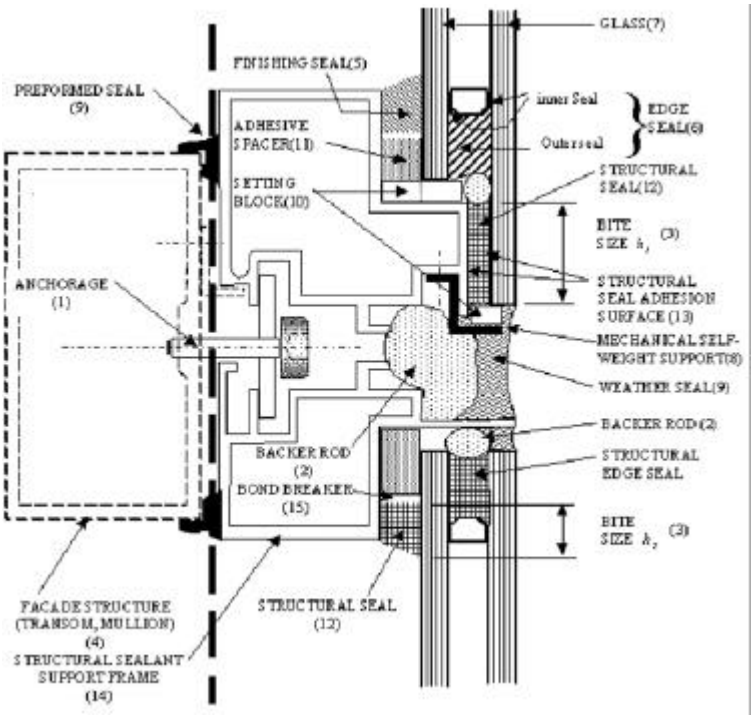


figura 10 - Accessori fissati sul telaio del pannello che consentono il fissaggio alla struttura della facciata

to al di sotto del parapetto sino al livello del controsoffitto del piano inferiore sia per migliorare le prestazioni di isolamento termico della facciata nel suo complesso, sia per nascondere la porzione di facciata sino al parapetto, ma soprattutto quella in corrispondenza della testa della soletta e dello spessore del controsoffitto.
Il sistema di ritenuta della lastra di vetro con silicone strutturale non è l'unico utilizzato, anzi questo è occupa solo circa il 30% della produzione. Questo trova impiego ogni qual volta si desideri che la superficie della facciata sia "tutto vetro", in quanto questo sistema permette di mantenere la struttura in alluminio tutta dietro le vetrate. In *figura 11* e *figura 12* sono mostrate rispettivamente la sezione tipo di una facciata in vetro strutturale e le tipologie di attacco della lastra contenute nella prEN 13022. E' importante comprendere che questo tipo di tecnologia necessita di attenzioni molto maggiori di quelle delle facciate con pressore che ora andremo a vedere. In particolare l'incollaggio della vetrata al talaio del pannello sopra descritto, che può avvenire esclusivamente in officina, necessita di precise condizioni ambientali necessarie affinché sia garantito un ottimale incollaggio della lastra, cosa che in cantiere non è possibile avere.
Meno complesso, sennonché meno costoso, risulta essere il più classico sistema di facciata con sistema di ritenuta della lastra a pressore e coprigiunto, che appunto copre circa il 70% dell'attuale produzione. In *figura 13* è mostrata la sezione di un montante. In questa si può notare sia l'analogia con il sistema in vetro strutturale sia la maggiore semplicità del sistema. La lastra è trattenuta per contrasto semplicemente dal pressore connesso al montante mediante viti. Il pressore e le teste delle viti sono poi coperte da un coprigiunto, che oltre all'estetica della facciata contribuisce alla sua durabilità, limitando i ponti galvanici tra le viti in acciaio e il pressore in alluminio. In questo caso il ponte termico è evitato introducendo un elemento in poliammide, su cui si avvita il pressore, che interrompe la continuità dell'alluminio.



I sistemi di facciata si distinguono, oltre che per il sistema di ritenuta della lastra, per le modalità di montaggio dei traversi. Si individuano solitamente due tipologie quella con traversi a montaggio frontale e quella con traversi a montaggio sequenziale. La *figura 14* e *figura 15* mostrano i due casi. Nelle immagini è possibile vedere il sistema di connessione del traverso al montante.

figura 11 - Sezione tipo del nodo di vetrata strutturale - prEN 13022

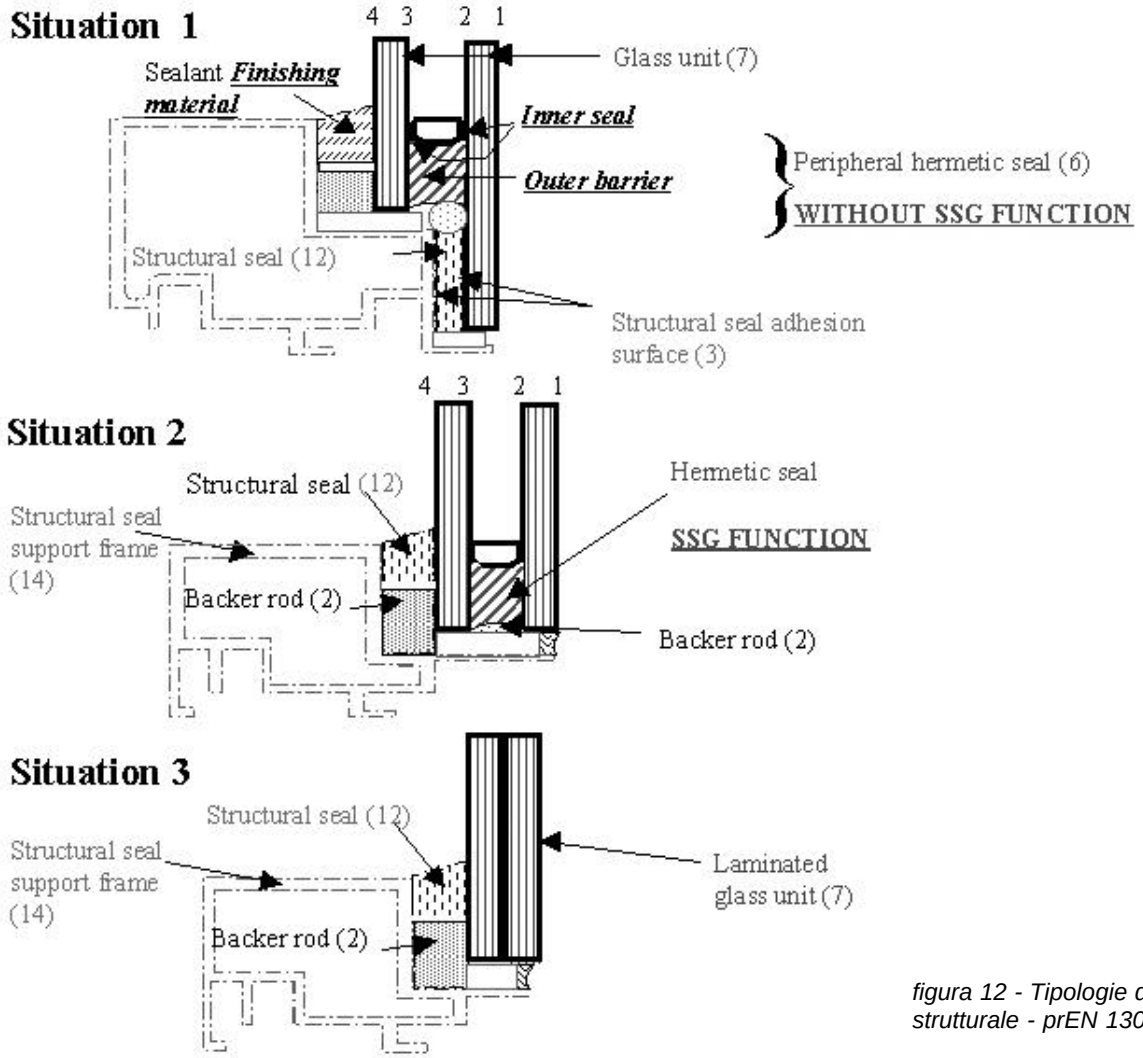


figura 12 - Tipologie di vetrata strutturale - prEN 13022

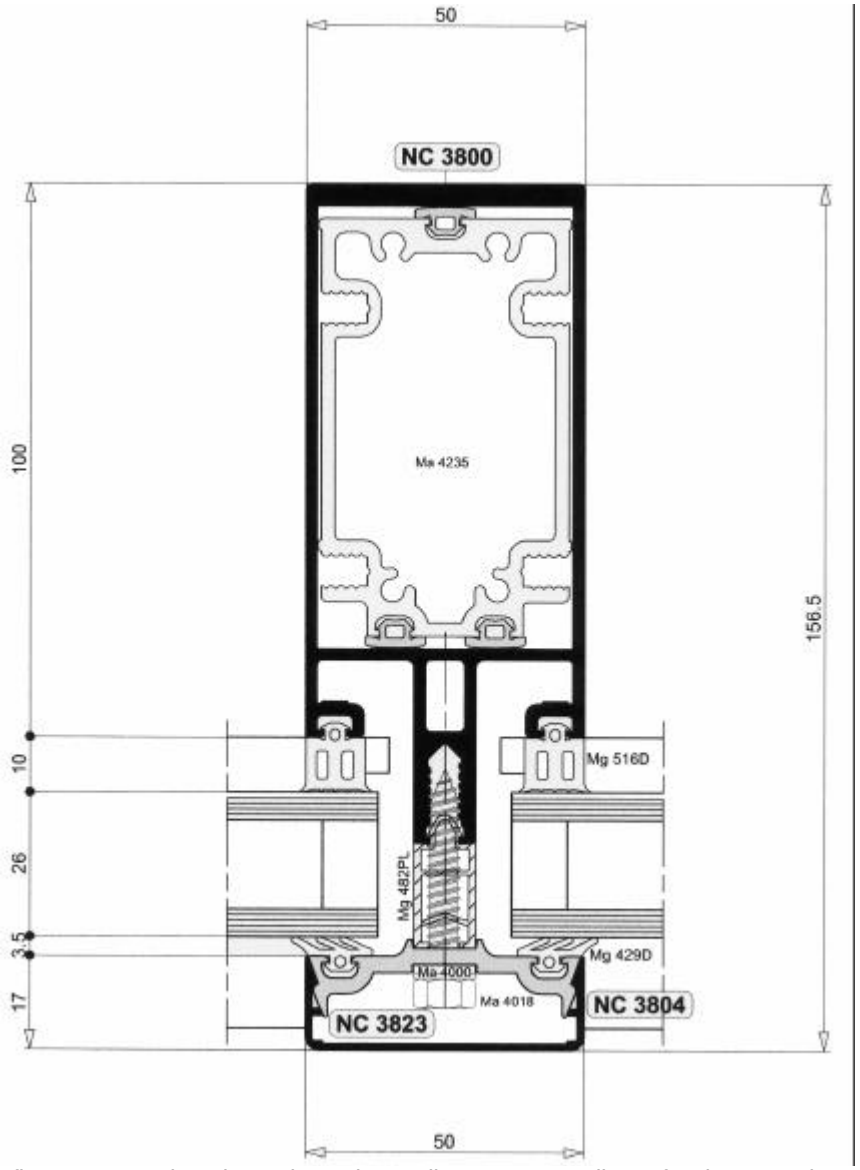


figura 13 - Sezione in corrispondenza di un montante di una facciata con sistema di ritenuta della lastra a pressore

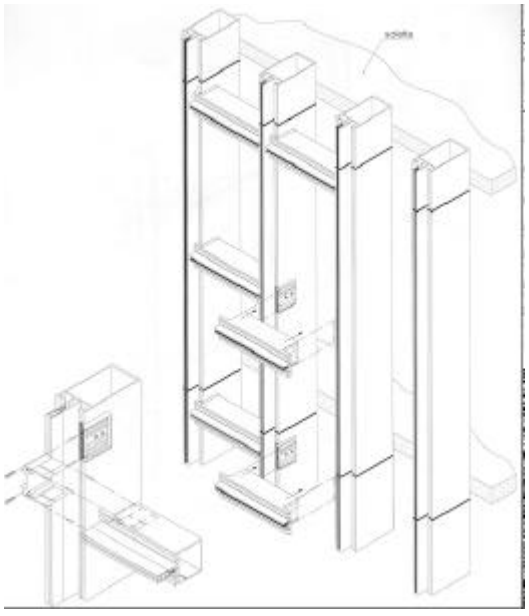


figura 14 - Sistema con traversi a montaggio frontale

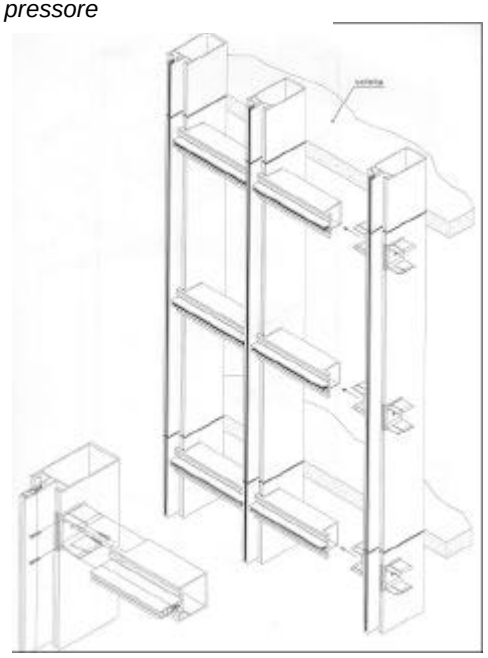


figura 15 - sistema con traversi a montaggio sequenziale

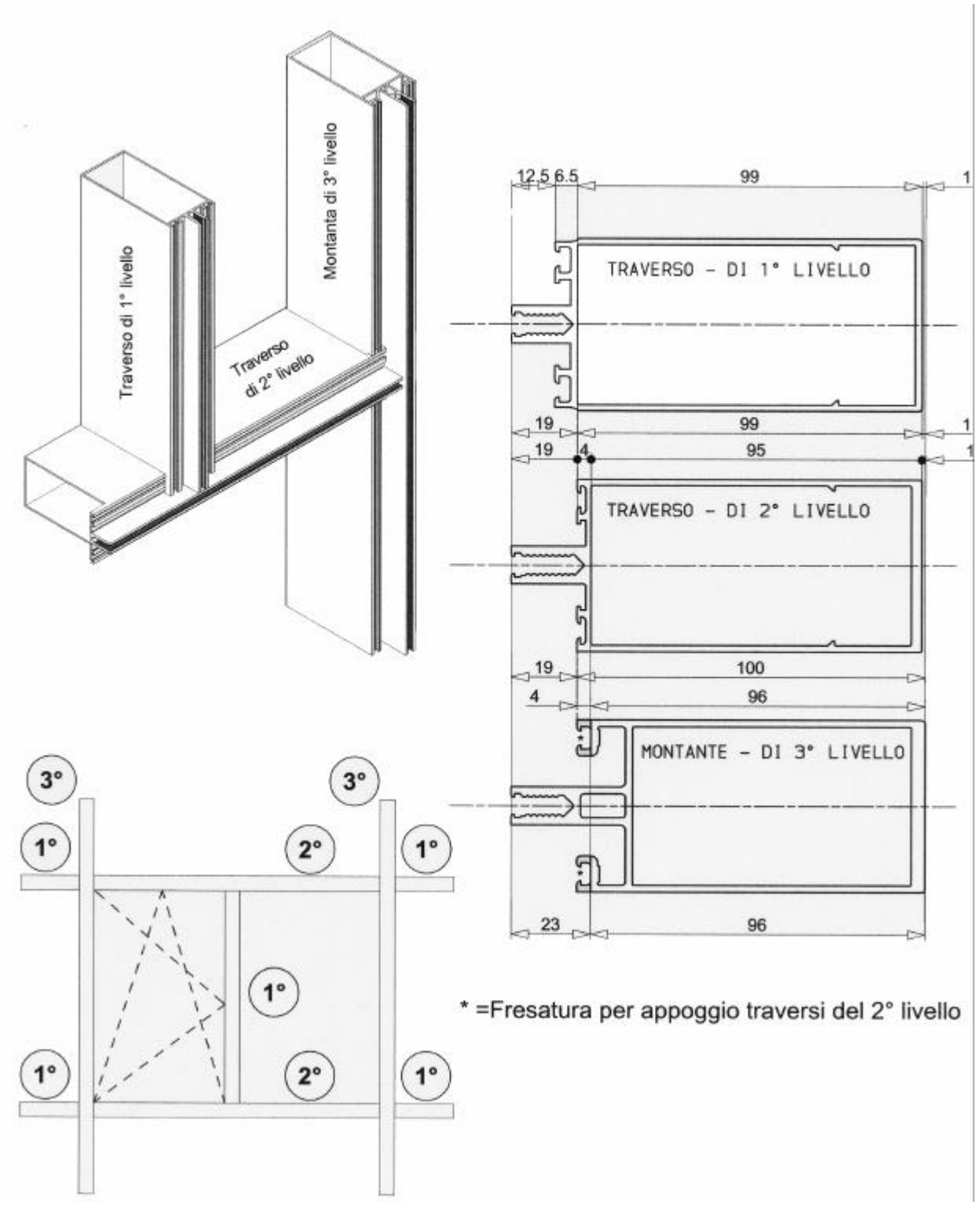


figura 16 - Ordine degli elementi componenti la sottostruttura di un sistema a pressore

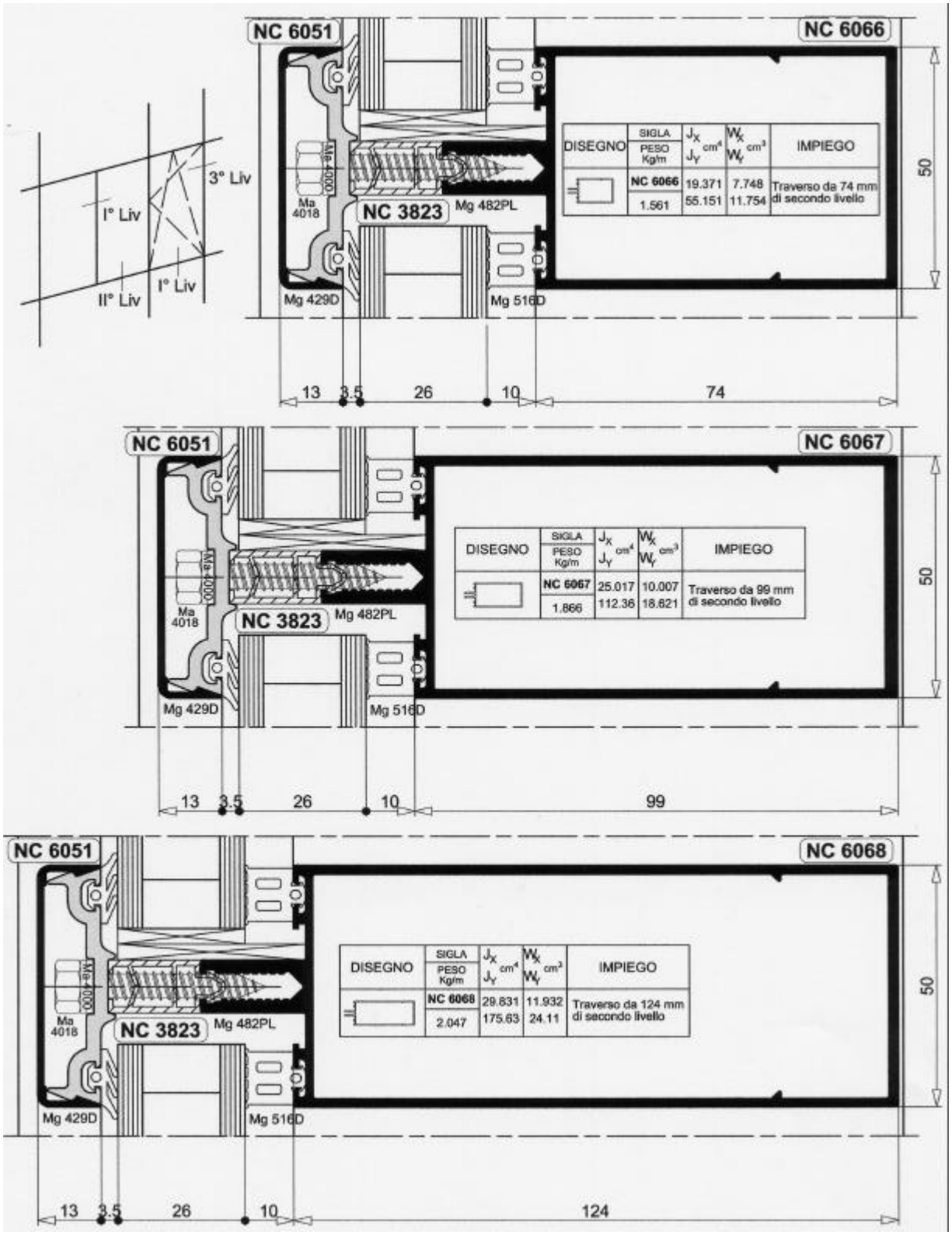


figura 17 - Sezione su traversi di una sistema a pressore

Le vetrate

Per molti anni il punto critico delle facciate continue in vetro è stato il tamponamento vetrato, poichè non consentivano di ottenere un soddisfacente benessere all'interno degli ambienti,. La ricerca ha lavorato per anni nella direzione di garantire nello spessore si poco più di 1-2 cm, che è proprio di un panello vetrato, un livello prestazionale paragonabile, se non talvolta superiore, a quello garantito da una tamponatura in laterizio tradizionale, a cui vanno però a sommarsi la qualità dell'ambiente fornita da una parete quasi totalmente trasparente.

L'elemento che sta alla base di una pannello vetrato è ovviamente il vetro. Con la parola "vetro" solitamente si intende Si O_4 allo stato amorfo, ovvero a differenza del Quarzo, che possiede identica composizione chimica, non ha una struttura cristallina. Questo fa si che il vetro possegga quella trasparenza che gli è tipica, poichè non essendoci una struttura cristallina non sono presenti i "bordo grano" che lo altrimenti lo renderebbe opaco. Inoltre, come tutti i materiali vetrosi, questo non possiede una temperatura di fusione, infatti riscaldandolo o raffreddandolo si ha solo una graduale variazione di viscosità. Peraltro il comportamento è influenzato dalla "storia" del campione, ovvero da precedenti raffreddamenti o riscaldamenti. Ciò è mostrato in *figura 18*, *figura 19* ed in *figura 20*.

Quello che ordinariamente si impiega in edilizia è il vetro sodico-calcico. Ciò si caratterizza per la presenza di Sodio ed in quantità monore di calcio all'interno della struttura molecolare.

La lastra di vetro sodico-calcico singola prende il nome di *vetro float*. Questo deriva dal processo di produzione delle lastre. Queste vengono ottenute versando del vetro ad alta temperatura, quindi assai fluido, su un letto di stagno fuso (T=1000°C). Non essendoci interazione chimica tra stagno e vetro, ed essendo il secondo più leggero del primo, il vetro si "stende" sopra lo stagno formando una lastra con buone caratteristiche di planarità. Tale processo porta con se due problemi. Il primo è legato alla diversa velocità di raffreddamento delle due superfici della lastra di vetro, infatti mentre quella a contatto con l'aria comincia immediatamente a raffreddarsi, quella a contatto con lo stagno rimane alla temperatura di 1000°C sino alla estrazione della lastra. Inoltre que-

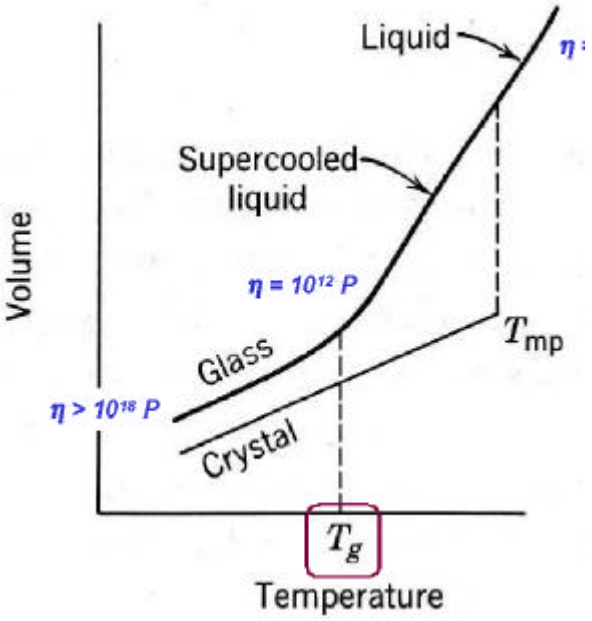


figura 18 - Andamento del volume del vetro in funzione della temperatura

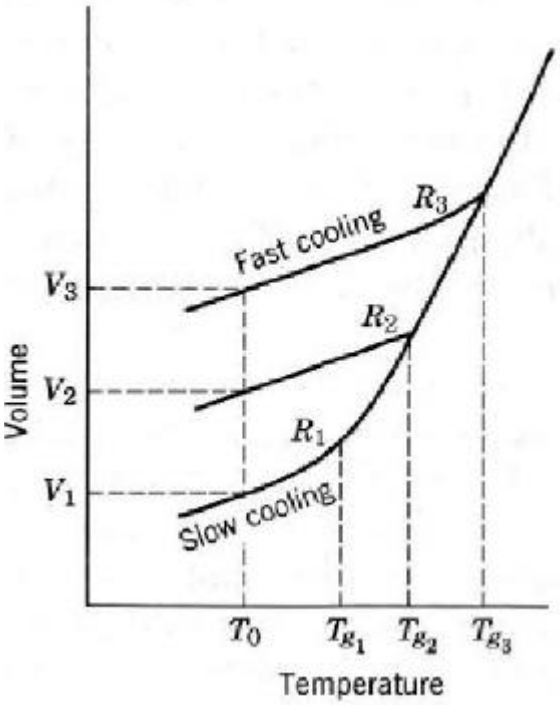


figura 19 - Andamento del volume del vetro in funzione della temperatura per campioni raffreddati a velocità differenti

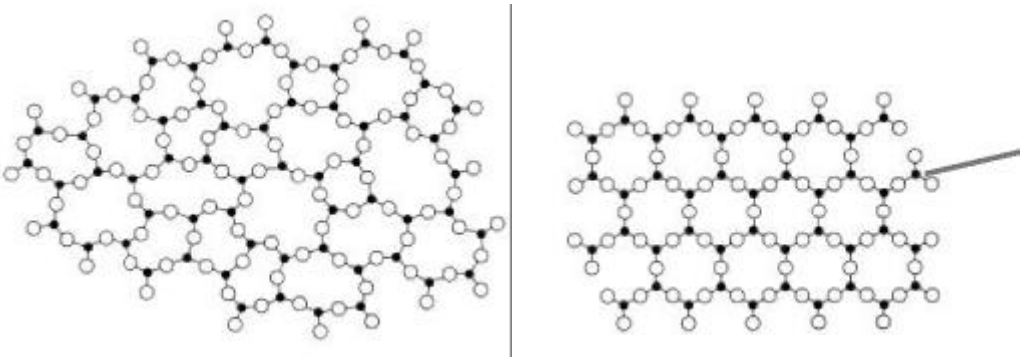


figura 20 - Struttura del vetro e del quarzo a confronto

sta faccia cattura una piccola parte di stagno sufficiente a poter individuare un "lato stagno" con minori caratteristiche di trasparenza e non riflessione.
In particolare il gradiente di temperatura e la stessa struttura molecolare del vetro portano al formarsi sulla superficie del vetro di un sistema di microfratture. Queste sono la vera causa della apparente fragilità del vetro, poiché in effetti i forti legami della sua struttura molecolare sarebbero la premessa di una assai elevata resistenza.
Per questi motivi le lastre di vetro che interessano le nostre applicazioni, che quindi devono garantire un sufficiente grado di resistenza, di solito subiscono un processo di tempra. Per quanto riguarda il vetro esistono due tipi di tempra:
- tempra termica;
- tempra chimica.

La più utilizzata è la prima, molto vicina come processo e come principio a quella dell'acciaio. Lo scopo è quello di applicare una vera e propria precompressione sulla superficie del vetro, appunto come nell'acciaio, però in questo caso non con il fine di aumentare la durezza superficiale, ma per contrastare l'aprirsi delle microfessure superficiali.
Stesso risultato si ottiene con una tempra chimica. A differenza della prima che avviene ad una temperatura di 650-700°C, la seconda raggiunge massimo i 400-500°C, necessari per ottenere un bagno di sale KNO_3 fuso in cui introdurre il vetro, nel quale il K^+ entrano per diffusione nella superficie del vetro, innestandosi tra i grani e "spingendo". Il risultato è quello appunto di una precompressione superficiale.
Nelle nostre applicazioni si adotta quasi esclusivamente la tempra termica, ciò soprattutto per motivi di sicurezza. Infatti in caso di rottura la lastra si frantuma in piccoli grani molto meno taglienti di quelli tipici di un vetro non temprato. L'unico vantaggio di una tempra chimica è quello di poter consentire la tempra di vetri curvi o comunque tali da non poter essere introdotti in un forno.
Essendo la sicurezza un fattore essenziale nelle applicazioni del vetro in edilizia, non è sufficiente una tempra, ma si deve garantire che la lastra, anche se frantumata, rimanga al suo posto sino alla sostituzione. A tale scopo è quasi sempre necessario l'impiego di vetri stratificati. Questi sono costituiti da due lastre float con interposto una pellicola di PVB (Polivinilbuttirale) con spessori che vanno con un modulo di 0.38mm, il quale, possedendo una elevata elasticità, trattiene i frammenti di vetro in caso di rottura. Il PVB inoltre ha il notevole pregio di schermare la radiazione solare nel campo dell'ultravioletto, quindi non entrando nel campo del visibile funge in parte da protezione solare.

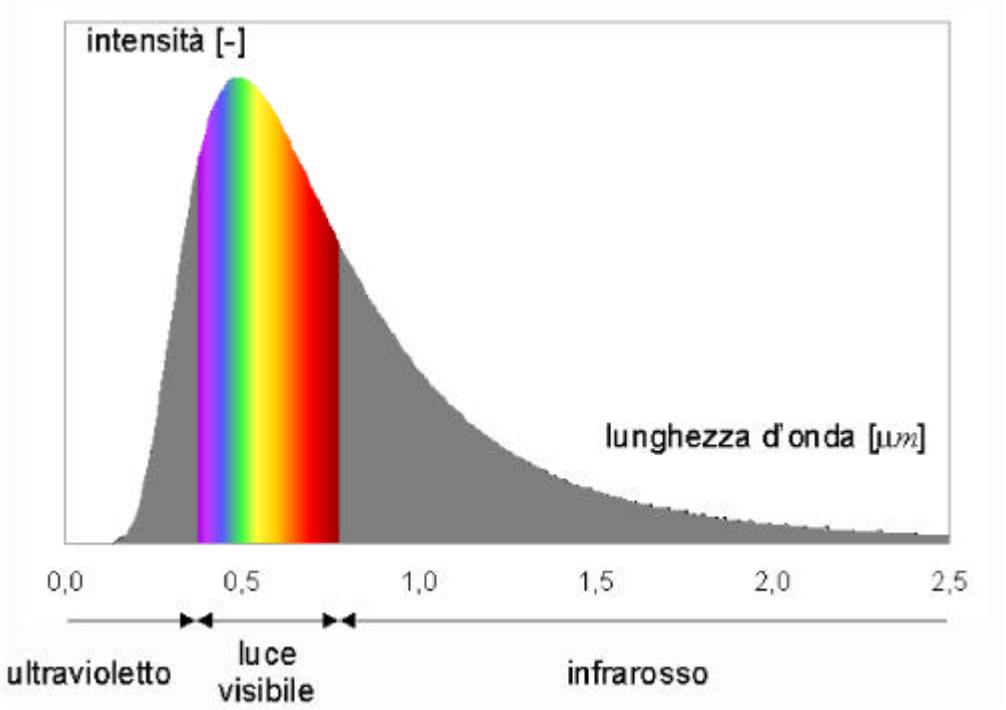


figura 21 - Radiazione luminosa

In un sistema di facciata continua in vetro e metallo, vengono però solitamente impiegati vetrate più complesse denominate vetri camera o vetrate isolante . Questi sono costituiti da:
- due lastre di vetro;
- intercalare di metallo, generalmente alluminio o acciaio;
- cordone di butile sull'itercalare, che dovrà essere uniforme e senza interruzioni essendo la prima barriera all'acqua e all'aria della vetrata;
- mastice, solitamente silicone neutro, che costituisce la seconda barriera, che viene sovrapposto al cordone di butile;
- pellicola di ossidi metallici.

Tra le due lastre di vetro rimane così un'intercapedine che può contenere aria oppure gas nobili (Kripton, Argon, SF_6), in modo da garantire una sufficiente resistenza termica che altrimenti il vetro non potrebbe garantire. Ciò ha permesso di raggiungere valore di U=0.6 W/m^2 °C contro i U=5.6 W/m^2 °C che fornirebbe un vetro singolo. Le prestazioni della vetrata non sono però solo frutto dell'intercapedine. Infatti, un elevato potere isolante di una vetrata ha vantaggi esclusivamente in inverno, durante il quale l'apporto di calore interno e quello solare che la vetrata lascia filtrare rimangono all'interno dell'edificio con i vantaggi facilmente immaginabili. Ciò è inoltre agevolato dall'introduzione come vetro più interno di una lastra capace di assorbire la radiazione nel campo dell'infrarosso (che è quella emessa dal corpo umano e da qualunque sorgente di calore) che quindi non si perde ma viene reimmessa all'interno per irraggiamento.
Durante il periodo estivo invece è necessario sia un buon potere isolante che una schermatura alla radiazione solare, altrimenti l'apporto di calore fornito dal sole rimarrebbe immagazzinato all'interno dell'edificio. Ciò porterebbe a un oneroso sovradimensionamento dell'impianto di climatizzazione e relativi oneri di gestione. A tale scopo viene applicata una pellicola di ossidi metallici sulla superficie del vetro più esterno che guarda dentro l'intercapedine (in questo modo sarà protetto dagli agenti atmosferici), che permette di riflettere parte la radiazione solare. Questo strato di protezione prende il nome di coating. Il sistema di trasmittanza di una vetrata come sopra descritta è sintetizzato in *figura 22*.
Le vetrate isolanti garantiscono inoltre un ottimo isolamento acustico. Il potere fonoassorbente si aggira intorno ai 40-45 dB(A). Bisogna in ogni caso sottolineare la necessità di verificarne lo spettro, ovvero il potere fonoassorbente R'w fornito dalla vetrata e in funzione della frequenza del rumore, in quanto come mostra l'esempio in *figura 23* questo potrebbe variare considerevolmente. La cosa più opportuna da fare durante la pro-

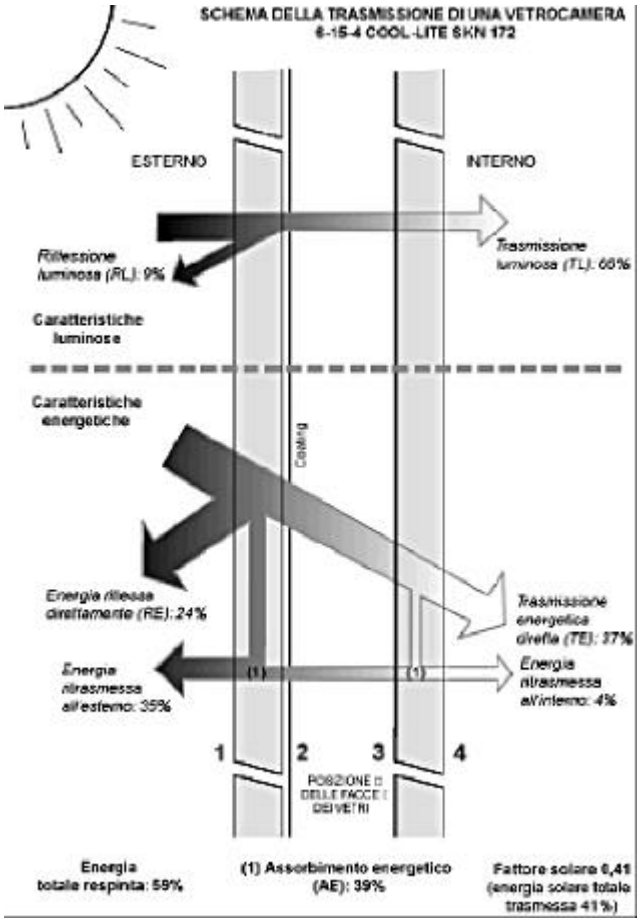


figura 22 - Shema della trasmissione di un vetro camera

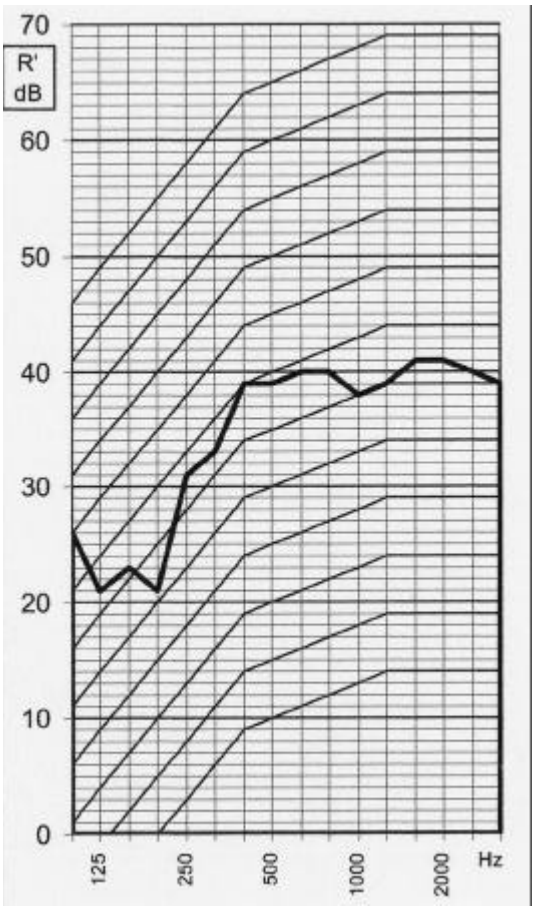


figura 23 - Esempio di spettro del potere fonoassorbente di una vetrata isolante

gettazione di una facciata continua in vetro, è quella di confrontare lo spettro del vetro che si intende impiegare con la frequenza del rumore dominante incidente sulla facciata, ciò potrà darci un'indicazione più precisa sul reale grado di isolamento acustico che riusciremo ad ottenere.
Si ricorda comunque che è esclusivamente la buona progettazione e messa in opera dell'intero sistema di facciata a garantire un buon livello di potere fonoassorbente, quindi ad esempio un attenta progettazione delle griglie di ventilazione, se presenti, o una buona posa delle guarnizioni.

Guarnizioni e tenuta all'acqua

Ciò che garantisce che il sistema di facciata in vetro e metallo funzioni al meglio, è una buona progettazione degli elementi che interfacciano i due materiali sennonché un attento studio per garantire la tenuta all'acqua e all'aria. Il primo aspetto è spesso riconducibile al secondo dove giocano un ruolo fondamentale le guarnizioni.
La prestazione di tenuta di una facciata continua è comunque il risultato di un comportamento a sistema di diversi componenti:
- le deformazioni elastiche degli elementi di telaio che devono essere contenute in modo tale da non compromettere il funzionamento dei giunti;
- i giunti di dilatazione verticali ed orizzontali in corrispondenze dell'attacco dei traversi ai montanti e tra un montante ed il successivo;
- i giunti in corrispondenza di soluzioni d'angolo o di collegamento alla muratura, oppure in presenza di cambi di pendenza (soluzione di interfaccia tra facciata e copertura o facciata inclinata);
- le sigillature e le guarnizioni di tenuta del vetro.

Per quanto riguarda le guarnizioni, bisogna tenere in considerazione due aspetti:

- la deformazione degli elementi di telaio può mettere in crisi la tenuta all'acqua della facciata;
- l'acqua meteorica si concentra in prossimità dei giunti.

Nella progettazione di un sistema di facciata si suppone quindi che è quasi impossibile eliminare completamente qualsiasi infiltrazione d'acqua; è dunque importante impedire che le infiltrazioni d'acqua possano raggiungere la faccia interna della facciata.
Questa tecnica si basa appunto sull'ipotesi che l'acqua possa superare la prima linea di difesa costituita dalla sigillatura dei giunti e venga successivamente intercettata e espulsa verso l'esterno da una seconda linea di difesa costituita da un complesso di gocciolatoi e canali ricavati nei profili dei montanti e dei traversi ed in grado di condurre l'acqua meteorica e di condensa verso asole di
scarico di espulsione. Ciò spiega anche la necessità di impiego di un materiale con una resistenza alla corrosione come l'alluminio.
Inoltre una terza via d'azione che consiste nell'eliminare, o per lo meno nel ridurre, l'intensità delle forze che "guidano" l'acqua all'interno dei giunti di facciata.
Questa soluzione progettuale e costruttiva prende normalmente il nome di *giunto aperto* o *giunto a compensazione* o *equalizzazione di pressione*.
La *figura 24* mostra sinteticamente lo schema di funzionamento di un sistema ad equalizzazione di pressione in cui con le frecce viene indicata la pressione fuori ed all'interno della camera di equalizzazione in cui la pres-

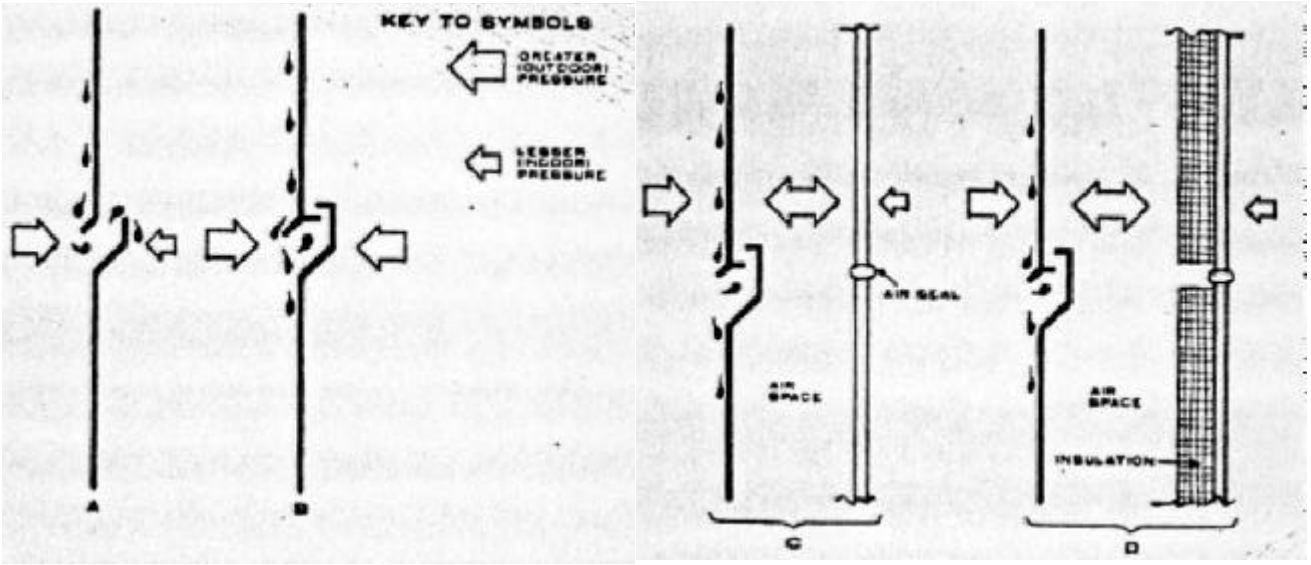


figura 24 - Schema di funzionamento di un sistema ad equalizzazione di pressione

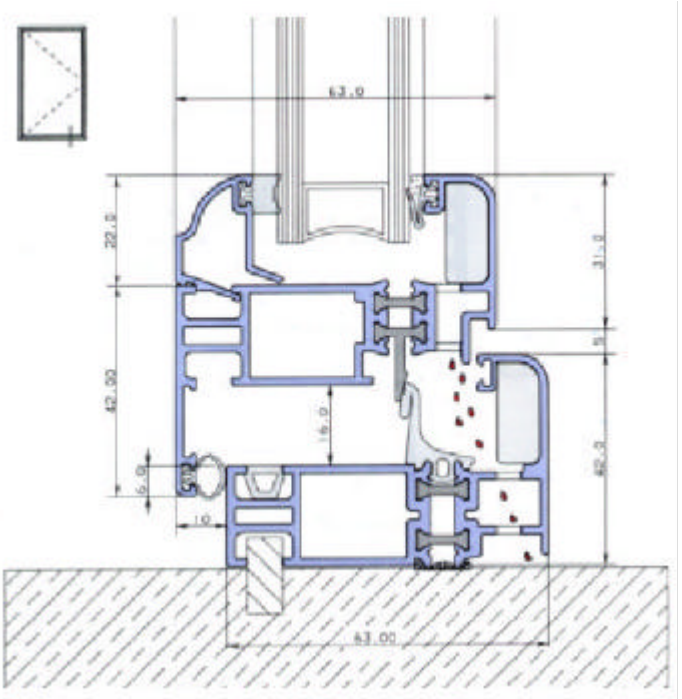


figura 25 - Sezione che mostra il funzionamento di un sistema ad equalizzazione di pressione

sione da dinamica diventa statica. La *figura 25* mostra cosa accade all'interno della camera.
In tutto ciò la guarnizioni assumono un ruolo molto importante, infatti devono assecondare il movimento differenziato del vetro rispetto a quello del telaio metallico, contribuendo allo stesso tempo ad assicurare le seguenti prestazioni fondamentali:
• tenuta all'acqua:
• permeabilità all'aria;
• isolamento termico;
• isolamento acustico.
Quindi le guarnizioni dovranno possedere i seguenti requisiti:
• Comportamento meccanico elastico
• Ridotta sensibilità termica
• Capacità di recupero dimensionale dopo lo schiacciamento
• Resistenza agli agenti atmosferici
• Facilità di messa in opera
• Soddisfare esigenze cromatiche
• Compatibilità con le parti a contatto

Il materiale maggiormente utilizzato è la E.P.D.M. (Etilene-Propilene-Diene Monomero) un elastomero noto in Italia anche con il nome commerciale Dutral, che presenta ottime proprietà meccaniche, elevata resistenza alla deformazione permanente, insensibilità termica, adeguata inerzia chimica nei confronti di agenti agressivi acidi, buona impermeabilità all'acqua ed un ottimo intervallo di temperature d'esercizio (-20/+130 °C); per contro è caratterizzato da una bassissima resistenza alla fiamma e da una scarsa resistenza ai solventi idrocarburici e agli oli minerali. La colorazione è esclusivamente nera.

Per quanto riguarda la posa in opera delle guarnizioni per facciate continue può essere ricondotta fondamentalmente a due modalità di funzionamento:
- *a infilare:* sono le guarnizioni predisposte al montaggio per scorrimento nelle "cave" del profilato in alluminio; in tal caso è consigliabile l'adozione di cave di sezione rettangolare che non creino interferenze in fase di messa in opera delle guarnizioni qualora le tolleranze di estrusione, sia per la
guarnizione che per il profilo d'alluminio, siano in eccesso;
- *a pressione*: sono le guarnizioni predisposte al montaggio nelle cave mediante pressione; le guarnizioni a pressione sono preferibili in quanto più veloci e più facili da montare, inoltre sono più facilmente sostituibili.

Se si analizzano gli aspetti di dettaglio è fondamentale porre attenzione al grado di impermeabilità negli angoli dove la guarnizione verticale del vetro s'incontra con quella orizzontale e dove quindi l'acqua può passare se la giunzione non è eseguita correttamente. I metodi attualmente utilizzati per effettuare la giunzione sono i seguenti:
- *incollaggio* con mastice siliconico o cianoacrilico (PVC, E.P.D.M., silicone):
viene eseguito in opera e la sua durata dipende dalla qualità del taglio delle guarnizioni convergenti e dall'e-

secuzione dello strato di silicone;
- *termosaldatura* (PVC, gomme termplastiche): il taglio e la saldatura possono avvenire contemporaneamente, il risultato è decisamente superiore a quello visto in precedenza così come la durata;
- *vulcanizzazione* (E.P.D.M. e silicone): le guarnizioni vengono tagliate a misura e giuntate negli angoli in un unico stampo. In questo caso la durata della giunzione è molto elevata;
- *angolari stampati* (E.P.D.M., silicone, PVC, gomme termplastiche): con le guarnizioni vengono forniti degli angolari già stampati che agevolano le operazioni di taglio (solo a 90° e non più a 45°) e di giunzione offrendo la massima prestazione di impermeabilità e di durata.

Il metodo più utilizzato, che garantisce buoni risultati, è la vulcanizzazione. Il sistema che fornisce ottimi risultati, ma che dall'altra necessita un alto grado di prefabbricazione, è quello degli angolari stampati.

Messa in opera di un sistema di facciata continua

Qui di seguito, si elencano sinteticamente le fasi per l'assemblaggio di una facciata continua in vetro e metallo tradizionale:

1. Unione dei montanti, e successivamente dei traversi;
2. Applicazione dei profili pretranciati, sia sui montanti che sui traversi;
3. Inserimento delle guarnizioni sui profilati già fissati;
4. Fissaggio degli accessori, attraverso viti, sui montanti e sui traversi;
5. Fissaggio degli accessori, attraverso viti, sul modulo da inserire (pannello o vetro);
6. Inserimento del modulo fra i montanti e i traversi;
7. Applicazione del sigillante strutturale su tutto il perimetro del modulo.

Esempi di facciate continue in vetro strutturale



Asian Hotel International - Lisbona



Doppelhauptdchulle der Stadt Wien - Vienna - Helmut Rietcher



Biblioteca Nazionale di Francia - Parigi - Dominique Perrault



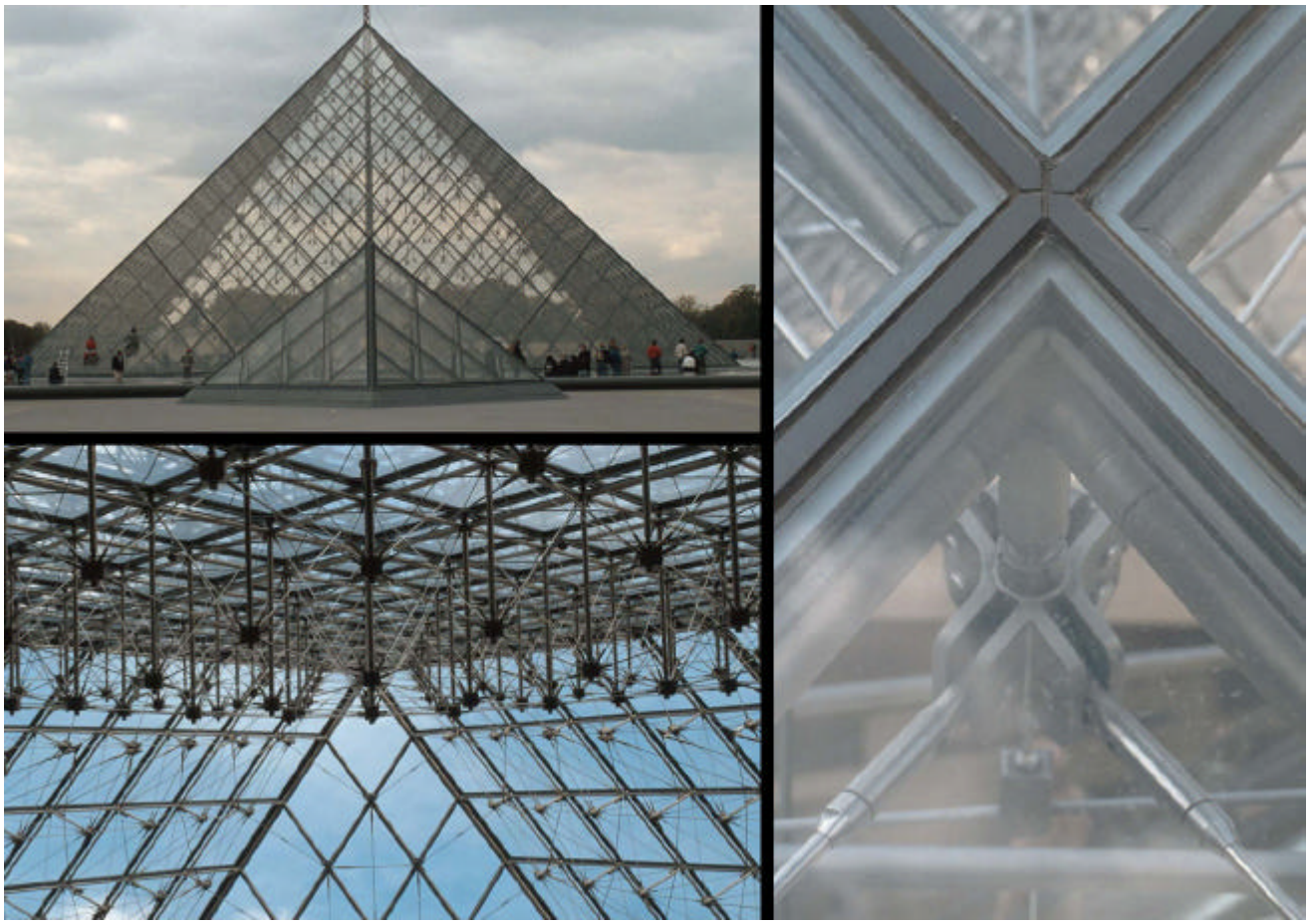


Esempi di facciate continue con pressore

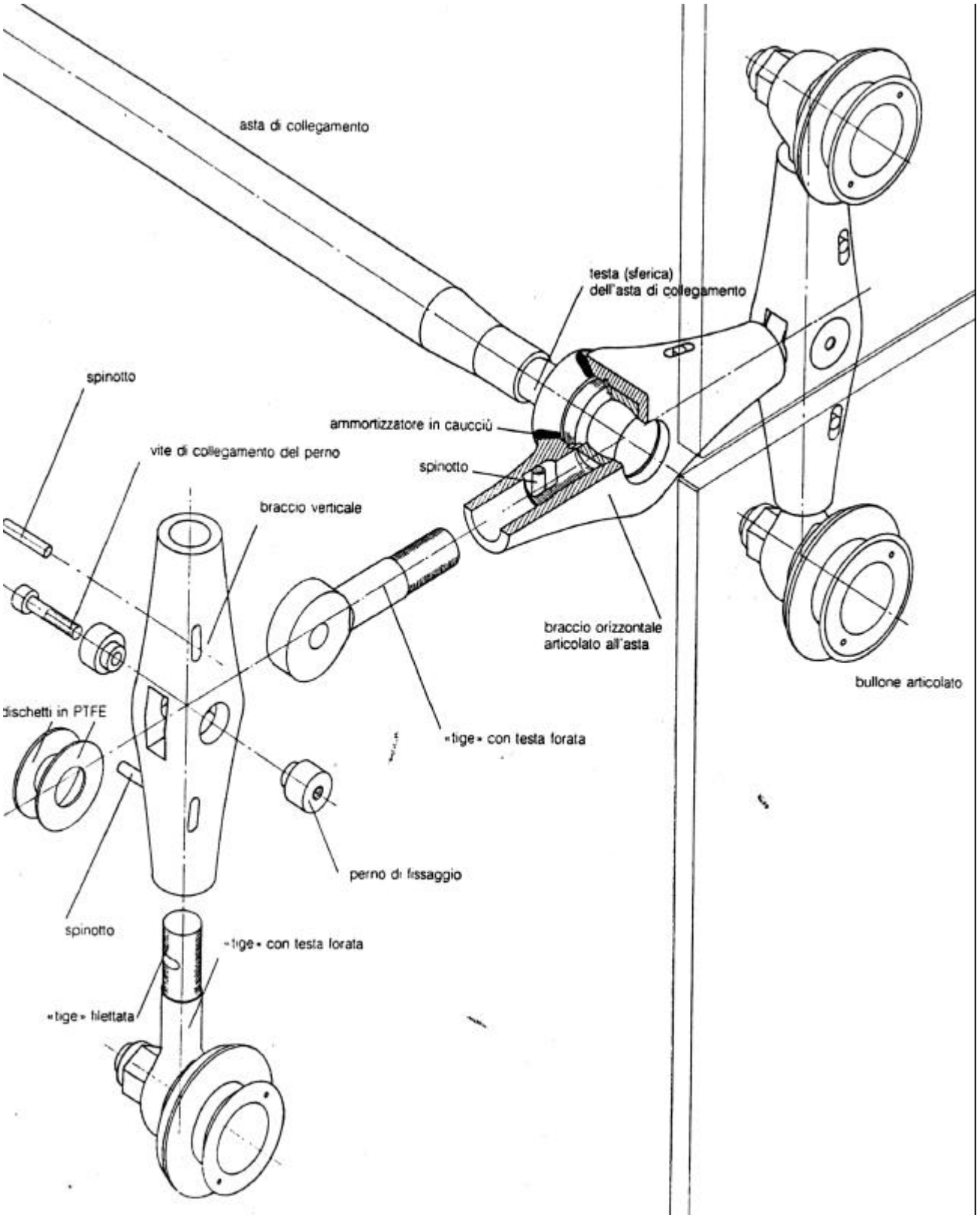


Sir Normann Foster

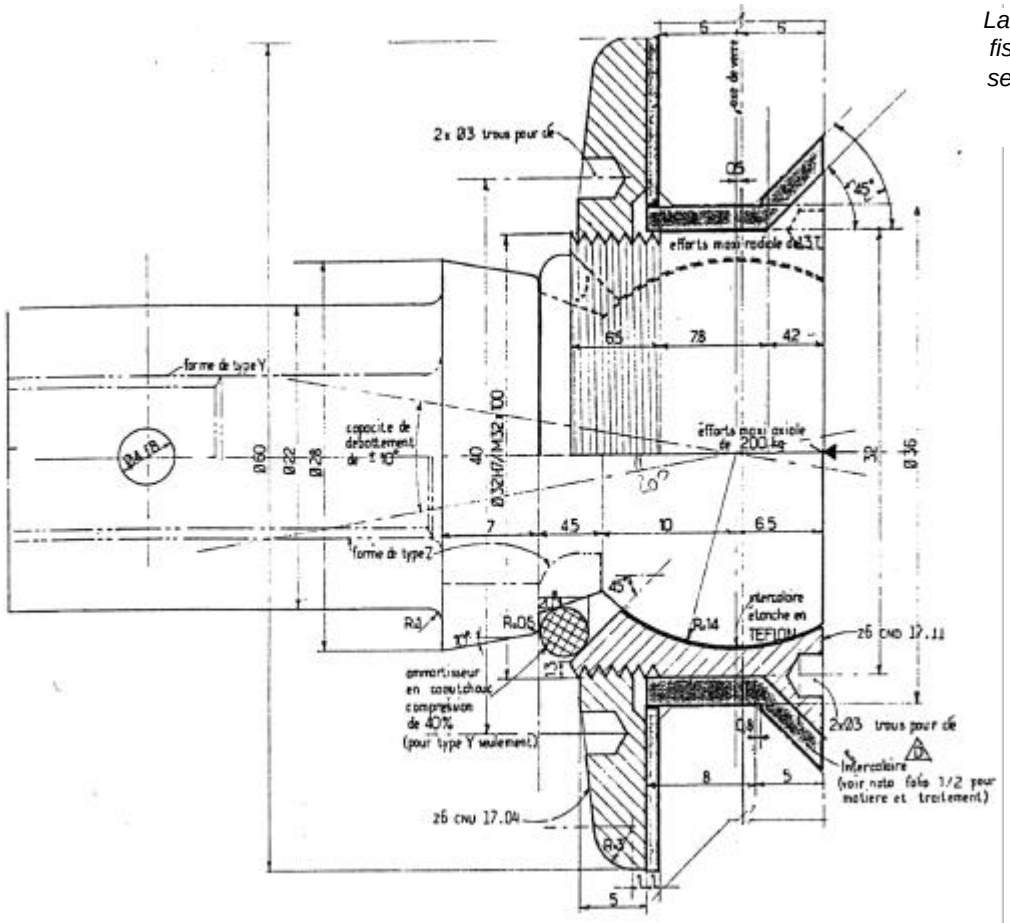
Piramode del Louvre - Parigi - Ieoh Ming Pei



Esempi di facciate continue in vetro con fissaggio puntuale

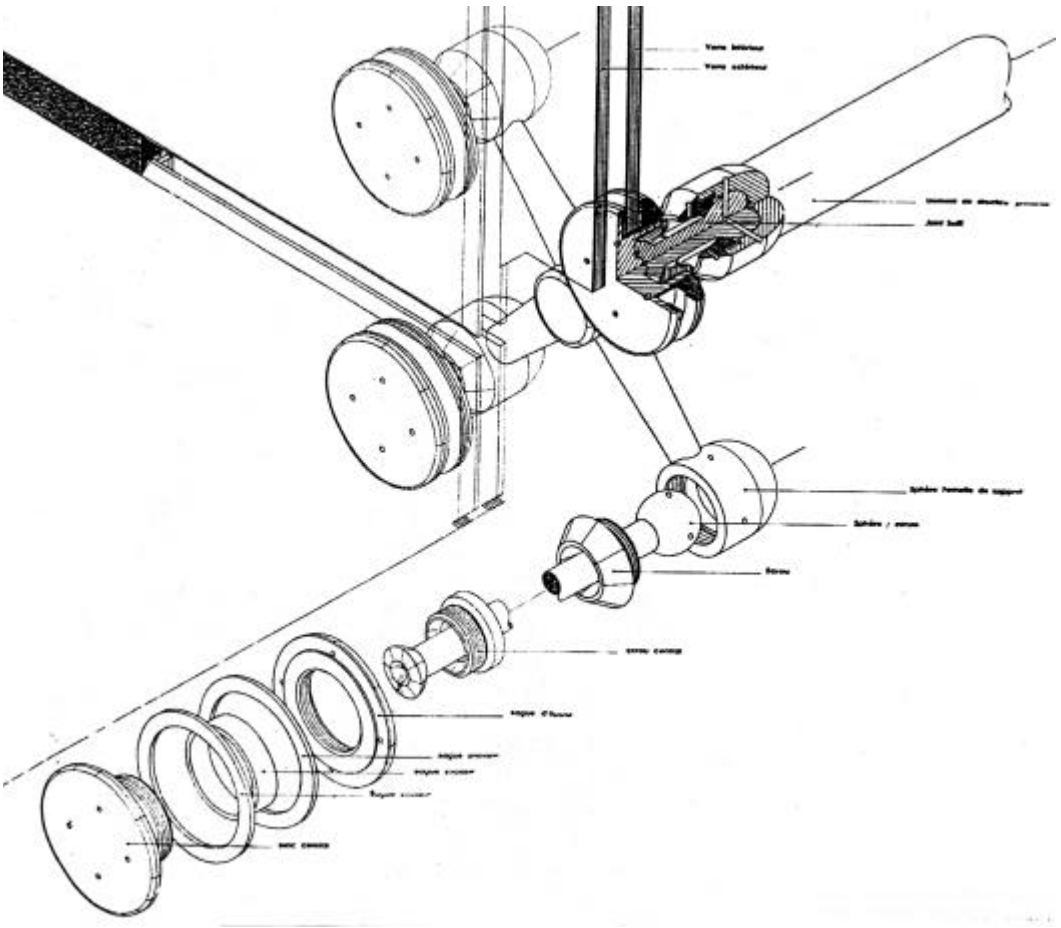


Brevetto per il fissaggio delle vetrate della serra della Villette a Parigi - Peter Rice



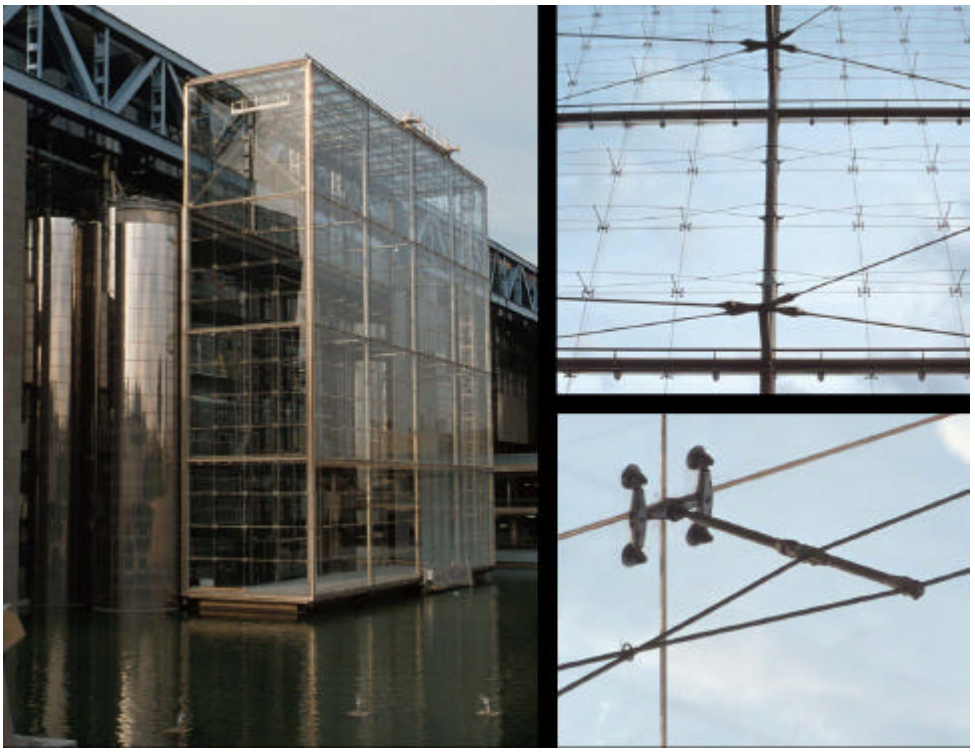
La "rotule" del brevetto per il fissaggio delle vetrate della serra della Villette a Parigi - Peter Rice

Il sistema Arcora



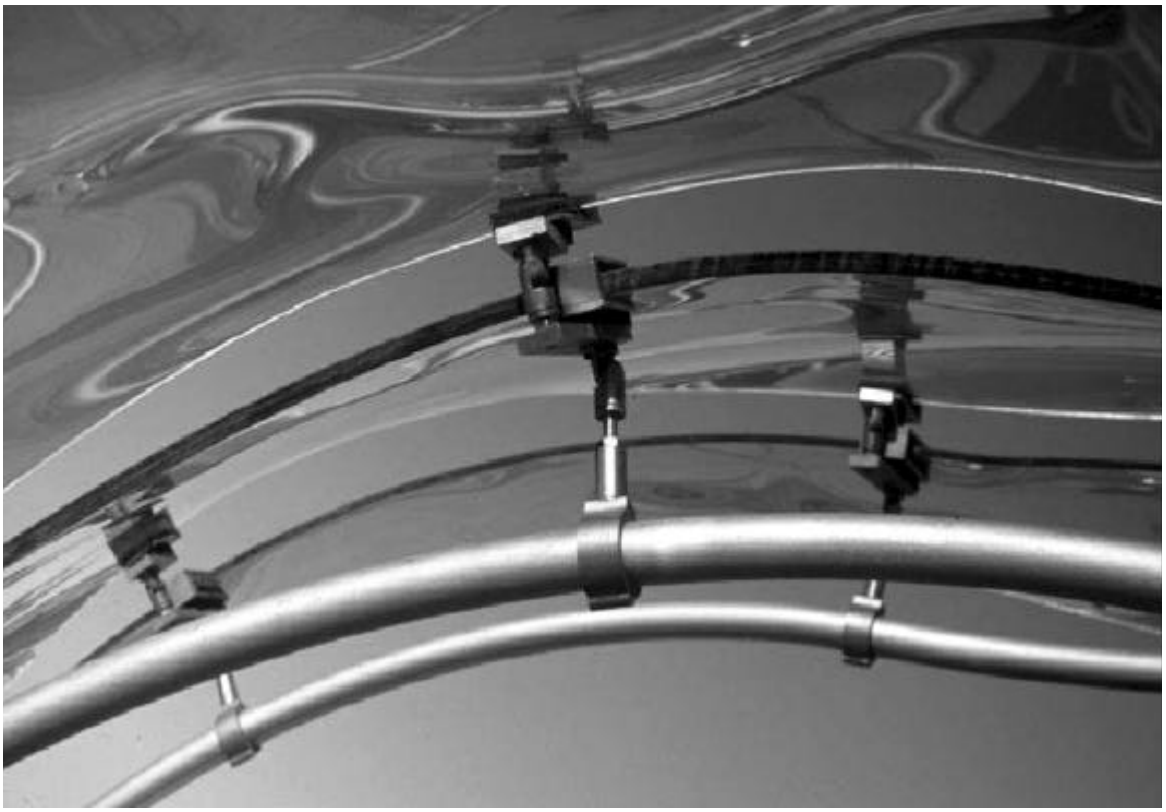


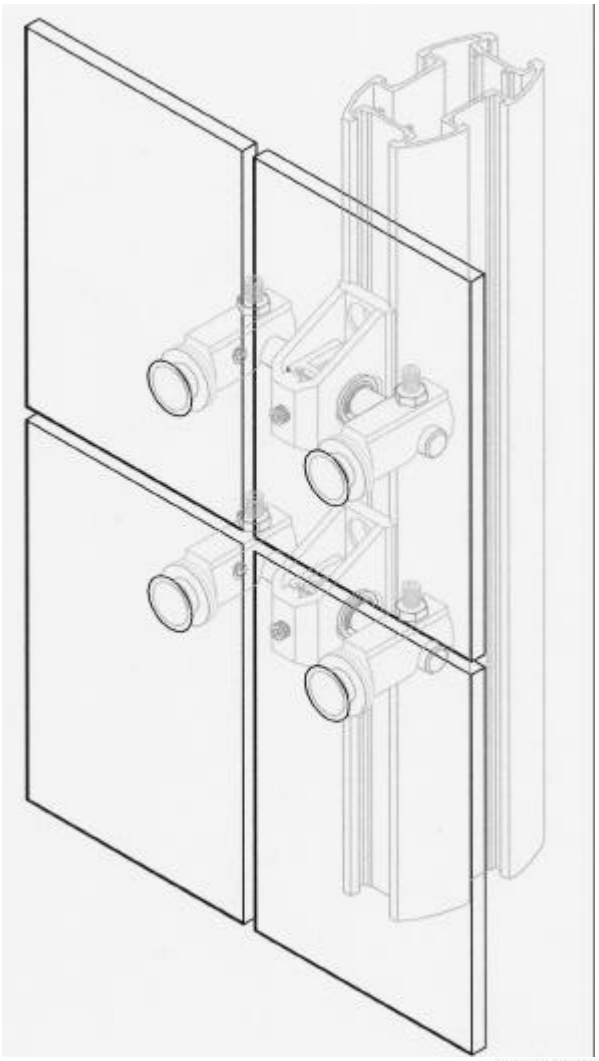
la serra della Villette





Esempio di fissaggio puntuale di vetro curvo.





Esempio di vetrata appesa a lastre indipendenti

