

PVC

SERRAMENTI IN PVC

serie: I libri del PVC
1° titolo: Serramenti in PVC

Autore:
Marco Piana

Redazione:
Marzia Petracca

BE-MA editrice
via Teocrito, 47 - 20128 Milano
tel 02 252071
fax 02 27000692

Graphic Layout: Luca Pratella
Fotolito: MB Grafica - Cesano Maderno (MI)
Stampa e confezione: A.G. Bellavite - Missaglia (LC)

© 2008 BE-MA editrice - Milano

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale,
a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

ISBN: 978-88-7143-285-4

INDICE

Presentazione	Pag.	5
Prefazione	»	7
Premessa	»	9
1. Il materiale	»	11
2. Le prestazioni funzionali	»	25
3. L'isolamento termico	»	43
4. L'isolamento acustico	»	59
5. Comportamento al fuoco	»	71
6. La ventilazione degli ambienti	»	89
7. Le prove in laboratorio e in opera	»	95
8. Il colore degli infissi	»	101
9. Le aperture intelligenti	»	107
10. La durata degli infissi	»	117
11. Marcatura CE	»	123
12. Ambiente ed ecologia	»	129
13. L'uomo e i serramenti	»	139

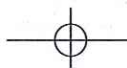


PRESENTAZIONE

Centro di informazione sul PVC: per saperne di più

Il Centro di Informazione sul PVC, ovvero l'Associazione che in Italia riunisce le maggiori aziende di produzione, compoundazione e trasformazione del PVC e i produttori di additivi, si è costituito il primo di aprile del 1996, per iniziativa di EVC (European Vinyls Corporation) e Solvay, i maggiori produttori di PVC in Italia. Il Centro nasce con l'obiettivo di promuovere la conoscenza del PVC e dei suoi vantaggi applicativi e ambientali, nell'ambito di un progetto europeo di informazione sull'importanza socio-economica di tale industria.

L'Associazione ha sede a Milano e conta oltre 80 associati; essa fa inoltre parte di un network europeo di associazioni di produttori, collegato a sua volta con quelle di Giappone e Stati Uniti. Il Centro agisce in collaborazione con Assoplast e Unionplast e fornisce agli associati informazioni e formazione tecnico-scientifica sul PVC, con particolare riferimento alle tematiche concernenti riciclo e smaltimento dei manufatti usati, proponendosi pertanto come punto di riferimento qualificato per tutti gli operatori del settore e loro interlocutori e quale fonte di informazione per il mondo accademico, le associazioni di categoria, le autorità, la stampa e l'opinione pubblica.



PREFAZIONE

Il Gruppo produttori profili e serramenti in PVC intende promuovere con il presente volume la conoscenza dei serramenti esterni costruiti con materia plastica PVC.

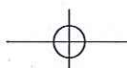
La realizzazione di una finestra di PVC comporta una conoscenza approfondita della materia prima, della tecnologia di estrusione del profilo, delle tecniche di progettazione e realizzazione del serramento, della messa in opera, dei problemi ambientali.

Due esperienze vengono usualmente a contatto: quella del serramentista e quella del progettista.

L'incomprensione fra i due mondi è facile ma superabile con l'informazione corretta e l'interfaciamento mediante uno strumento che permetta di colloquiare con lo stesso linguaggio.

Il testo raccoglie quindi le informazioni inerenti alla fase prettamente tecnica ma anche al processo edilizio costruttivo e prestazionale.

Uno spazio particolare è stato dedicato alla normativa e all'evoluzione del serramento, due argomenti di attualità che interessano l'obiettivo del continuo miglioramento qualitativo del componente serramento.



PREMESSA

I serramenti esterni di un edificio sono una parte della costruzione complessiva, a cui va il compito di mantenere all'interno dell'edificio condizioni di microclima adatte alle esigenze di abitabilità indipendentemente dalle condizioni esterne. Per questo fine essenziale i serramenti devono rispondere a precise caratteristiche ed esigenze costruttive.

Il serramento è costituito essenzialmente da tre parti:

- parte opaca (telaio, sistema di oscuramento);
- parte trasparente (vetrata);
- parti accessorie (chiusure, guarnizioni).

Queste tre componenti devono essere progettate e assemblate in modo da garantire i requisiti e le prestazioni richieste dalle ormai numerose prescrizioni e normative,

Queste esigenze hanno imposto alla tecnologia industriale di perseguire con sistematicità gli aspetti di qualità, di funzionalità e di costo, evolvendo in continuazione il serramento nel suo insieme.

Se considerassimo l'evoluzione del serramento negli ultimi decenni saremmo sorpresi dal fatto che le "finestre" di un tempo oggi si sono trasformate ed abbellite; ma ancor di più, si sono vestite di una nuova definizione: da componente a "sistema". Questo è un passaggio molto importante che raccoglie in un solo vocabolo tutta la ricerca e tutti gli sforzi dei costruttori di questi ultimi anni.

Altra considerazione importante è che al serramento, oggi, si domanda molto di più. Non solo deve separare un clima esterno da un clima interno, ma deve svolgere una serie di funzioni aggiuntive di tipo termocinetico, acustico e funzionale.

L'evoluzione ha, inoltre, consentito di realizzare serramenti con materiali innovativi proponendo

quindi al mercato prodotti in grado di garantire la qualità, la funzionalità e il costo.

Un materiale "innovativo" con pluridecennale esperienza è sicuramente il serramento in PVC.

Le caratteristiche positive delle finestre in PVC estruso sono essenzialmente legate, da una parte, alla possibilità di ottenere in modo economico profili anche molto complessi (ciò è particolarmente importante in vista delle prestazioni che oggi si richiedono ai serramenti), dall'altra al fatto che esse garantiscono una vita utile praticamente senza esigenza di manutenzione del telaio.

Il PVC infatti non è soggetto a fenomeni di corrosione, come i metalli, né di degradazione organica, come il legno. Nonostante nell'industria delle materie plastiche gli aspetti formulativi siano ben noti, è sempre opportuno sottolinearli. Nessun polimero (ed il PVC in particolare) è definito nelle sue proprietà se si prescinde dagli aspetti formulativi. Il "materiale plastico" è un polimero formulato e le sue proprietà fisiche variano fortemente in relazione ai tipi e alle quantità degli additivi, anche quando le caratteristiche esteriori possono apparire le stesse.

Molti degli insuccessi applicativi dei plastici sono proprio da imputare al fatto che l'utilizzatore ha trascurato questi aspetti favorendo tra due manufatti apparentemente uguali quello di prezzo più conveniente.

E quindi sempre opportuno l'uso di manufatti prodotti con materiale formulato all'origine direttamente dal produttore, che sono caratterizzati e certificati in funzione dell'impiego, oppure richiedere al trasformatore una documentazione di rispondenza alle norme UNI relative all'impiego stesso.



1. IL MATERIALE

- **Il materiale**

Estrusore

Vite di estrusione

Cilindro

Filiera e calibratore

- **La progettazione**

Modulo elastico (E)

Momento di inerzia (i)

Sollecitazione interna (σ)

Rigidezza (W)

PVC

IL MATERIALE

Le prime finestre di PVC furono presentate in Germania negli anni '50, ma la loro rapida penetrazione in quel mercato è partita solo dagli inizi degli anni '70, in corrispondenza della crisi energetica mondiale. La materia prima di base per il telaio è il polivinilcloruro, un polimero di sintesi che possiede un insieme di proprietà ampiamente apprezzate in molti settori applicativi e in particolare nel mondo dell'edilizia.

Il serramento di PVC è costituito nella sua struttura fondamentale da profilati cavi, generalmente a più camere, uniti mediante saldature a formare il telaio e rinforzati all'interno con profilati metallici. Il serramento di PVC è in grado di offrire contemporaneamente due vantaggi principali, la bassa conducibilità termica e l'assenza di manutenzione, assieme ad altre prerogative come la varietà di forme, la elevata stabilità dimensionale, la tenuta alle intemperie, la durata in esercizio. L'adattabilità di forma e di aspetto superficiale consentono al serramento di PVC l'inserimento in strutture architettoniche di ogni tipo, moderno e antico.

Il serramento di PVC vanta, quindi, un'esperienza applicativa di oltre 30 anni in nazioni come Germania, Gran Bretagna, dove la sua presenza nel mercato è tale da ricoprire i primi posti nella vendita di serramenti.

In Italia, invece, ha stentato ad affermarsi, anche se nel nostro Paese vi sono industrie che da oltre 20 anni producono profilati e serramenti esportati in Paesi ove vengono richiesti elevati standard di qualità.

Il serramento di PVC è il risultato della ricerca e dell'esposizione dei più importanti gruppi chimici mondiali, dei più qualificati costruttori di impianti di trasformazione (Germania e Italia sono leader mon-

diali negli impianti per trasformare il PVC rigido), di industrie manifatturiere specializzate da anni nella trasformazione del PVC rigido in profilati e nella progettazione di sistemi-finestra, di industrie specializzate nella costruzione di impianti di saldatura per profilati di PVC.

Il polivinilcloruro, normalmente indicato con la sigla chimica PVC, è un polimero di sintesi, termoplastico, sostanzialmente amorfo, che si prepara dal cloruro di vinile ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) per addizione di un numero elevato di queste unità monomeriche in catene per lo più rettilinee.

Il cloruro di vinile, a sua volta, è ottenuto per sintesi da etilene, derivato dal petrolio e dal cloro, ottenuto dal cloruro sodico (o sale marino) per elettrolisi. Il PVC fu sintetizzato nel 1835 per la prima volta da Henri Regnault, ma si dovette attendere il 1939 per avere i primi manufatti su scala industriale in Usa e in Germania. Il PVC è oggi prodotto in impianti di grande capacità, sotto forma di polvere bianca scorrevole con granulometria media di 0,5 mm. Per la natura termoplastica il PVC, se riscaldato, rammollisce fino a formare un fluido viscoso che attraverso diversi sistemi di lavorazione può ricevere forme anche molto complesse, che vengono consolidate per raffreddamento. Tuttavia il PVC come proviene dagli impianti di polimerizzazione non è idoneo ai differenti impieghi a cui può essere destinato; le sue proprietà devono essere anche notevolmente modificate incorporando appropriati additivi, che ne adeguano le caratteristiche alle più diverse esigenze finali.

Con l'incorporazione di plastificanti si variano le caratteristiche fisiche ottenendo prodotti con livelli di flessibilità anche molto elevata e comportamento molto prossimo a una gomma; la miscelazione di pigmenti permette la colorazione in massa che evita suc-

cessivi trattamenti superficiali; gli si può impartire una elevata stabilità a condizioni termo-ossidative di lavorazione e ambientali anche molto severe;

se ne può aumentare notevolmente la resistenza all'urto anche a bassa temperatura con l'aggiunta di appropriati agenti rinforzanti anche di natura polimerica. Il profilo viene prodotto da aziende di trasformazione per estrusione a caldo con apposite macchine mono o bivate. Il materiale, dopo essere stato portato in macchina allo stato di scorrimento, è costretto a fuoriuscire da una testa di estrusione conformata secondo la sezione che si intende impartire al profilo, ivi comprese le pareti interne che lo suddividono in camere.

All'uscita dalla testa di estrusione il profilo viene raffreddato in condizioni ben definite e stabilizzato nella forma a dimensioni volute da un sistema di "calibratori" (vedi Fig. 1).

La produzione dei profili è una tecnica notevolmente complessa, oggi arrivata a elevati gradi qualitativi assieme a elevate produttività per l'alto livello di specializzazione degli impianti e le conoscenze tecnologiche acquisite dai produttori di profilati di PVC rigido in anni di esperienza.

Il materiale utilizzabile è classificato secondo la norma UNI EN 13245-1 (Tab. 1 e 2):

Il profilato per serramenti è realizzato con mescola di PVC rigido esente da plastificanti. I componenti fondamentali di una mescola di PVC per serramenti sono:

- le resine di PVC;
- gli antiurtizzanti;
- gli stabilizzanti;
- il biossido di titanio.

La messa a punto di una mescola ottimale per un profilato per serramenti in funzione delle prestazioni richieste induce a una ricerca molto complessa.

I criteri principali che devono guidare questa ricerca sono:

- la durabilità, o resistenza all'invecchiamento, che deve tener conto delle condizioni climatiche a cui il manufatto sarà esposto. Climi di paesi mediterranei come Italia e Spagna presentano condizioni più severe di quelle generate dal clima dei paesi del nord Europa;
- le proprietà imposte dalle condizioni di lavorazione dei profilati e dalla loro stabilità dimensionale;
- le proprietà meccaniche e termiche del serramento;
- l'aspetto superficiale estetico dei profilati.

Le conoscenze che stanno alla base delle formulazioni oggi adottate derivano da ricerche condotte durante gli ultimi 20 anni dai produttori di resina PVC, di additivi e dai produttori di profilati e consentono di ottenere mescole finalizzate alle condizioni ambientali più varie.

Per la produzione di profilati di PVC per finestre si impiega un estrusore a vite. Il materiale di partenza, sotto forma di dry blend o di granulato, alimenta l'estrusore, l'azione della temperatura e delle forze di taglio effettuano l'impasto che fonde e si omogenizza uscendo in continuo nella forma desiderata attraverso la filiera opportunamente progettata. Il rapido raffreddamento della massa plastica attraverso una serie di calibratori definirà con esattezza le dimensioni definitive del profilato.

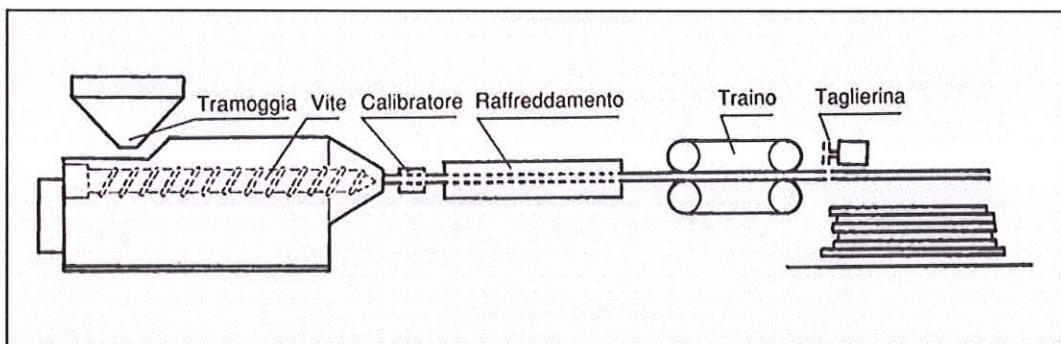


Fig. 1 - Estrusore e calibratore

Tabella 1

Esempio di progettazione di un profilato
Profilato per esterni in PVC non plastificato con le seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> • Valore della temperatura di rammollimento VICAT (VST) del composto: 80 °C • Valore dei moduli di elasticità a flessione del composto: 2700 MPa • Valore nominale di massa lineare del telaio: 495 g/m • Valore di regressione alla temperatura di 100 °C • Test di resistenza a 23 °C con una massa impattante di 500 g: superato • Test dopo l'esposizione a invecchiamento indotto, con energia radiante totale di 12 GJ/m² e temperatura del corpo nero assoluto di 60 °C

Tabella 2

Descrizione	Materiale 1	Applicazione 2	Proprietà del materiale 3	Proprietà del profilato 4	Proprietà post invecchiamento 5
Profilato EN 13245-1	PVC-U	I	080,26/23	495,2, (23,05)	A.2

Anche le attrezzature complementari, quali le filiere e i calibratori, esigono attenti studi progettistici e accuratezza di realizzazione onde assicurare la qualità del profilato.

La qualità di un profilato per finestre è definita per una parte dalle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, come il ritiro percentuale, la resistenza all'urto e la precisione delle dimensioni.

Il tipo di materia prima è fondamentale per il raggiungimento di questi obiettivi, ma le condizioni operative possono influire sulle caratteristiche del materiale e di conseguenza migliorare o peggiorare le caratteristiche del manufatto: le condizioni di lavorazione, pertanto, devono essere attentamente considerate, definite e mantenute.

È, quindi, molto importante che attraverso i para-

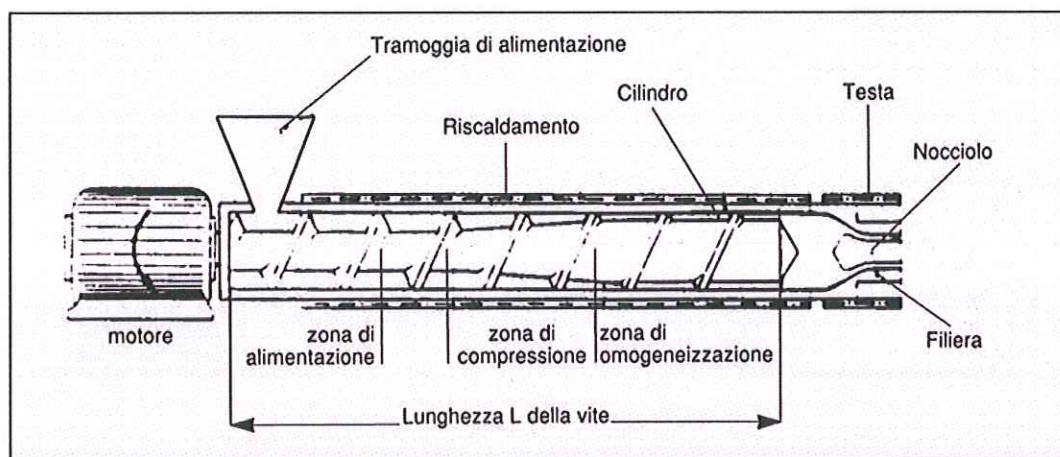


Fig. 2 - Sezione longitudinale di un estrusore per la fabbricazione di tubi profilati

metri di macchina esista la possibilità di apportare le necessarie variazioni al processo per un migliore risultato produttivo.

Gli aspetti tecnici più influenti di un sistema di estrusione sono di due tipi: la filiera e il sistema di calibratura da un lato, le condizioni di macchina da adottare dall'altro.

Il PVC è un materiale termoplastico.

Questo significa che sotto l'influenza della temperatura perde le caratteristiche di resistenza e compattezza che si recuperano raffreddando lo stesso materiale.

Il PVC perde le proprie caratteristiche meccaniche a circa 80°C.

Il processo di estrusione comporta la conoscenza di numerosi parametri che si innestano nel contesto della linea di estrusione che consiste in:

- estrusore;
- calibratore;
- raffreddatore;
- espulsore;
- marcatore;
- taglio.

Estrusore

Vi sono vari tipi di estrusori costituiti da cilindri, una o più viti, motori elettrici e vari accessori (Fig. 2).

Vite di estrusione

È l'anima dell'estrusore (Fig. 3). Esplica più funzioni:

- trasporta il prodotto verso la testa di estrusione;
- compie la trasformazione detta di gelificazione ovvero porta la materia in forma di mescola fluida mediante un'azione di taglio combinata ad una somministrazione di calore;
- spinge la mescola attraverso la testa di estrusione per ottenere la sezione del profilo voluta.

La vite di estrusione è caratterizzata da:

- diametro della vite che viene determinato dalla portata (qualità della testa), dalla efficienza del calibratore e soprattutto dalla sezione e dal perimetro del profilo. Alcune viti possono essere coniche oltre che cilindriche;
- lunghezza della vite: è normalmente un multiplo del diametro;
- rapporto di compressione.

Le caratteristiche della vite variano in funzione dello stato di partenza del PVC: polvere o granulo.

Con un'indicazione di massima si possono individuare i seguenti valori:

Tabella 3

Pvc	Lunghezza della vite	
	Vite singola	Vite doppia
Granulo	20-26 D	15-22 D
Polvere	26-33 D	13-22 D

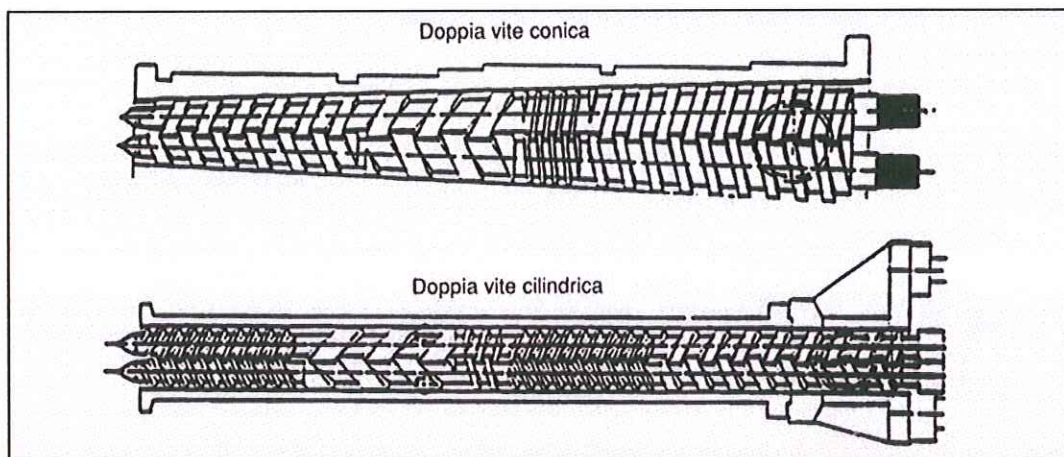


Fig. 3 - Vite

- configurazione della vite: la vite è realizzata in acciaio speciale con un trattamento superficiale molto accurato; temperatura della vite: è un parametro importantissimo. Il controllo della temperatura della vite è di basilare importanza per la buona riuscita del processo di trasformazione. Un metodo efficace è rappresentato dalla circolazione di un fluido attraverso la vite stessa.

Cilindro

La vite ruota all'interno del cilindro.

Il cilindro è riscaldato in zone differenti.

È realizzato con acciaio molto particolare con resistenza ad alte temperature e pressioni.

Filiera e calibratore

La loro funzione è di impartire alla massa di PVC la forma desiderata e per mantenere tale forma anche con il successivo raffreddamento.

Le filiere sono suddivise in tre zone (Fig. 4):

- zona 1 = di alimentazione;
- zona 2 = di distribuzione e di laminazione;
- zona 3 = di stabilizzazione del flusso.

All'uscita il profilo si trova a circa 2000C ed in uno stato plastico. Deve quindi essere raffreddato e calibrato per ottenere le dimensioni finali. I calibratori sono costituiti da elementi raffreddati esternamente che essendo in contatto col profilo impongono una trasmissione di calore da profilo a fluido di raffreddamento con pompe per il vuoto per migliorare il contatto fra PVC e metallo. Esistono diverse tipologie di calibratori, le più utilizzate possono essere definite con i termini: a umido e a secco.

Quest'ultimo molto più usato del primo.

Il calibratore a umido è utilizzato praticamente per i profili ad una sola camera, mentre il calibratore a secco per i profili a più camere.

Il calibratore inoltre viene progettato in modo che la tipologia del profilo venga ad ottenere le migliori condizioni di uscita (Fig. 5) ed anche la progettazione del profilo è legata al modo di calibrazione finale.

Inoltre chi progetta il profilo deve essere a conoscenza delle problematiche che il raffreddamento, ovvero il calibratore, può creare.

La Fig. 6 indica come un profilo può deformarsi in funzione delle proprie caratteristiche geometriche e che tali problemi possono essere eliminati anche riprogettando la forma del profilo.

Proseguendo a valle dell'impianto di estrusione si trovano i gruppi di traino, di taglio e di scarico integrato ad un sistema di accatastamento delle barre.

Tutte queste attrezzature oggi disponibili sul mercato presentano valide soluzioni sia costruttive sia funzionali per le più ampie esigenze.

È molto importante che il gruppo di traino sia

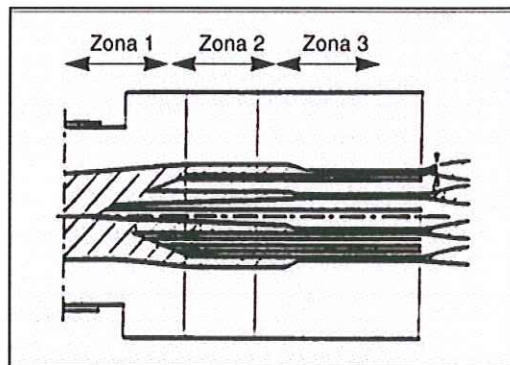


Fig. 4 - Filiera

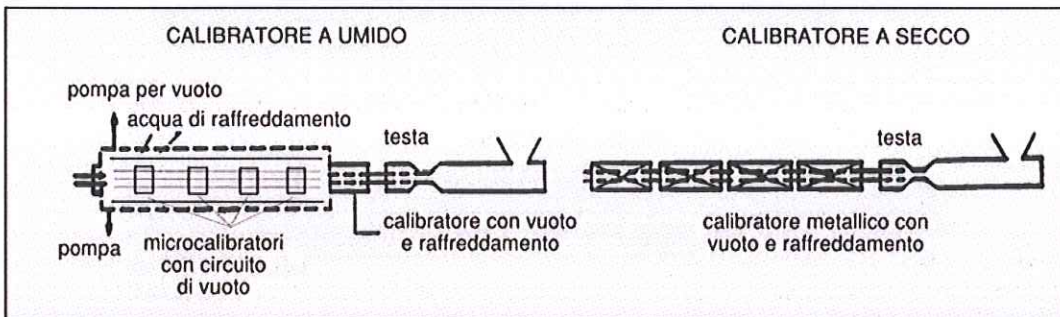


Fig. 5 - Calibratore

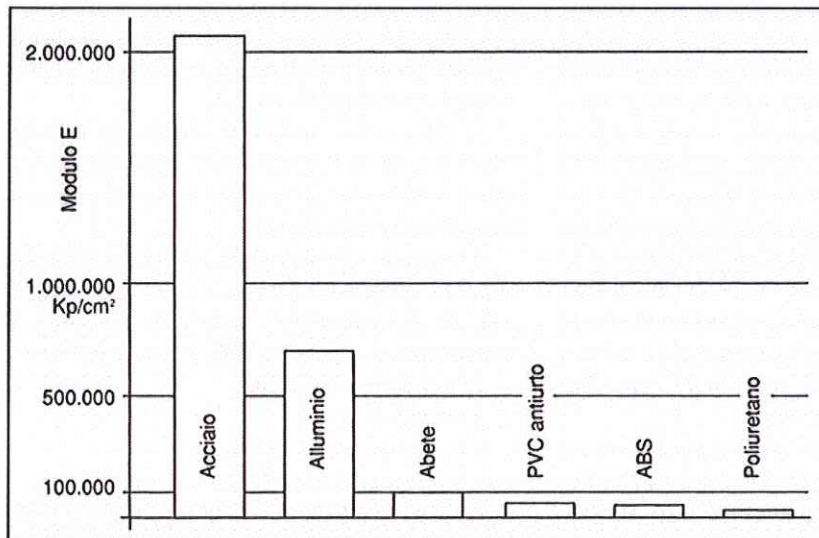


Fig. 7 - Modulo E

Tabella 4 - Caratteristiche fisico-meccaniche di materiali per serramenti

Materiale	Resistenza a flessione Kp/cm2	Modulo E Kp/cm²	Conduttività termica Kcal/mh°C⁴	Coeff. di dilatazione mm°C.10⁴ per mm	Variazione direzionale per 10°Ce 2m mm
Acciaio	3000-5000	2.100.000	50	12,5	0,25
Alluminio	1500-3000	700.000	175	24	0,48
Legno abete	60-800	100.000	0,12	6-7	0,14
PVC normale e antiurto	390-500	22.500-34.000	0,14	60-80	1,6

Modulo elastico (E)

Rappresenta la relazione fra sollecitazione (di trazione o compressione) e deformazione (o allungamento):

$$E = \frac{\sigma}{\Sigma} \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

E = modulo elastico [kg/cm²];

σ = sollecitazione [kg];

Σ = deformazione [cm].

Momento di inerzia (J)

È caratteristica della forma geometrica della sezione del profilo rispetto ad una linea di riferimento.

È il prodotto di un'area (cm²) per una distanza al quadrato (cm²) e si misura in cm⁴.

Rappresenta la resistenza che il profilo presenta rispetto all'asse di sollecitazione.

Sollecitazione interna (σ)

Per il profilo inflesso la relazione è la seguente:

$$\sigma = \frac{M}{W} \frac{\text{momento flettente}}{\text{rigidezza}} \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Rigidezza (W)

Esprime la resistenza del profilo in relazione ad una linea di riferimento baricentrica

$$W = \frac{J}{c} \text{ [cm}^2\text{]}$$

s = distanza fra linea baricentrica e la fibra sollecitata.

Normalmente i profili di PVC per finestra sono dimensionati in modo da presentare momenti di inerzia da 50 a 70 cm⁴: è pertanto solitamente necessario ricorrere al rinforzo dei profili di PVC con profili metallici che più comunemente possono essere o in acciaio zincato, per protezione contro la corrosione, o in alluminio; i rinforzi di alluminio richiedono strutture caratterizzate da momenti di inerzia tripli rispetto a quelli che sarebbero necessari nel rinforzo di acciaio.

Il calcolo dei momenti di inerzia del rinforzo è complesso e deve tener conto di diversi aspetti, come ad esempio se si tratta di telaio fisso o di anta, del tipo di anta (ad esempio a battente o a bilico), dell'altezza dell'edificio, ecc.

Questi calcoli e altri, che permettono di dedurre le lunghezze massime dei profili che possono essere accettate senza rinforzo, fanno parte della scienza delle costruzioni, ma alcune norme riportano criteri e dati numerici e diagrammatici che rendono relativamente agevole il dimensionamento. Se in un serramento non sempre e non per tutti i profili che lo compongono si rende necessario l'impiego di rinforzi metallici, in pratica, tuttavia, il rinforzo appare opportuno anche per altre ragioni: anzitutto è buona regola assicurare la ferramenta o su una doppia o tripla parete del profilo o, meglio, su un rinforzo metallico interno che permette un più sicuro avvita-mento dell'accessorio. Inoltre la presenza del rinforzo metallico nel telaio ne permette un più agevole montaggio, il che riduce i relativi costi in entità superiore al costo del rinforzo.

Sul rinforzo dei profili liberi (montanti e traverse) si ricorda che le flessioni non devono superare 1/300 - 1/200 della luce (il valore di 1/300 è imposto per i montanti e i profili di un'anta), valori che in pratica vengono ulteriormente ridotti in casi di vetrate speciali.

Per un montante di un telaio fisso con certi presupposti dimensionali comunemente adottati (come, ad esempio, un momento di inerzia del profilo di 60 cm⁴ e limitazione della freccia ammissibile a 1/300) si ottiene col calcolo una lunghezza massima del montante fra i vincoli, che non richiede rinforzo, di 0,95 m. In pratica si può affermare che 80-90 cm di lunghezza fra vincoli rappresentino valori di sicurezza accettabili.

Tuttavia profili per finestre di colore scuro oppure profili di finestra di tipo basculante richiedono rinforzo indipendentemente dalle dimensioni della finestra.

Per quanto riguarda più specificamente l'anta, i calcoli della lunghezza massima ammissibile senza rinforzo vanno fatti in funzione sia del carico del vento sia della deformazione termica a cui il profilo va soggetto per la differenza di temperatura fra superficie esterna e interna.

Queste due influenze vanno combinate nei calcoli. In pratica questi calcoli per condizioni e dimensioni abbastanza comuni portano a lunghezze limiti fra vincoli di profili, senza rinforzo e nelle ante, dell'ordine di 60 cm sia in altezza sia in larghezza. È diffusa l'opinione che riducendo la distanza fra i punti di fissaggio si possa aumentare la lunghezza ammissibile senza rinforzo; il che non è vero, in quanto l'effetto della sollecitazione termica non viene controbilanciato.

Per quanto riguarda il tipo di rinforzo si è già detto che i profili di acciaio zincato o di alluminio sono i più usati.

Buona norma è, nel caso del primo tipo di rinforzo, proteggere con vernice antiruggine le zone di taglio prive di zincatura.

L'inserito metallico deve adattarsi perfettamente alle pareti interne della camera del profilo affinché le sollecitazioni si trasmettano con continuità sull'inserito. Per evitare che questo soggiaccia a spostamenti si può applicare anche un fissaggio con viti di materiali protetti contro la corrosione; tuttavia un collegamento troppo fisso può provocare ulteriori tensioni per differenti dilatazioni fra materia plastica e metallo.

Per migliorare il trasferimento degli sforzi sul rinforzo (soprattutto da parte del carico del vento) è buona norma pretensionare il rinforzo con una preventiva flessione (2-3 mm per metro) e inserirlo nel profilo in modo che la tensione del rinforzo si opponga alla sollecitazione del vento sull'anta.

Nel rinforzo di profili collegati a croce o a T è raccomandabile inserire il rinforzo subito dopo aver effettuato la saldatura e prima che il cordolo di saldatura interno si indurisca completamente.

Il contatto completo, su tutta la superficie, fra rinforzo e camera del profilo va possibilmente evi-

tato onde ridurre il trasferimento del calore dalla materia plastica al metallo. È invece consigliabile che il contatto avvenga per singoli punti, che possono essere realizzati con rilievi ricavati sui materiali che vengono in contatto; è preferibile che questi rilievi o pattini siano ricavati sulla superficie del profilo metallico, perché la prominente sulla materia plastica può essere asportata nell'inserimento del profilo metallico, annullando la solidità del contatto.

Un'altra importante caratteristica fisica del PVC è l'entità del suo comportamento a carico costante.

A differenza dei materiali tradizionali - metalli e anche legno - i materiali termoplastici per la loro stessa struttura molecolare, sotto carico costante, tendono a presentare il fenomeno che porta a deformazione permanente. Il fenomeno nel caso del PVC si manifesta in maniera più evidente a temperature di 55°C e superiori. Ma esso non è assente nemmeno a temperature più basse qualora il carico sollecitante sia sufficientemente elevato. Si tratta del fenomeno cosiddetto di "creep" con cui deve fare i conti soprattutto il costruttore di sistemi nel decidere la tecnica di tassellatura da adottare o nell'applicazione di viti, che devono prevedere fori non eccessivamente stretti; a questo riguardo il costruttore di finestre deve appoggiarsi alle conoscenze e all'esperienza del produttore di profili.

Il fenomeno "creep" può manifestarsi anche in fase di stoccaggio, quando il profilo non sia sistemato in maniera lineare o sopravanzati eccessivamente rispetto agli appoggi. Anche per questa caratteristica i profili da materiale antiurtizzato devono essere trattati con maggiore cura e attenzione rispetto ai profili in PVC rigido non modificato.

Il comportamento a sollecitazioni dinamiche è un altro aspetto che va attentamente controllato da parte del produttore di profili.

Il PVC rigido non plastificato possiede caratteristiche di resistenza all'urto (resilienza) tali che possono rendere il profilo sensibile a urti durante la sua manipolazione in lavorazione (lavorazione con utensili, assemblaggio a serramento), durante la manipolazione per stoccaggio e trasporto o durante la posa in opera. Questa sensibilità all'urto è più pronunciata soprattutto alle basse temperature.

La qualità del polimero (purezza, pesi moleco-

lari, morfologia molecolare, ecc.), le condizioni di miscelazione delle cariche rinforzanti e lo stato di gelificazione del fuso, le condizioni di estrusione dei profili e infine la loro geometria sono premesse per la realizzazione di manufatti resistenti alle sollecitazioni d'urto anche a temperature basse. Tuttavia per migliorare ulteriormente questo comportamento, specie negli impieghi in regioni di clima più rigido come quelle dell'Europa centro-settentrionale, è consigliabile ricorrere a una modifica attraverso l'additivazione di sostanze antiurto, normalmente polimeri o copolimeri di natura diversa.

Attualmente tre famiglie di prodotti si utilizzano per il PVC per finestre:

- polietilene clorurato (PEC);
- copolimeri etilene-vinilacetato (EVA);
- alcuni polimeri o copolimeri acrilici con caratteristiche elastomeriche.

Normalmente la modifica con antiurtizzanti polimerici tende ad abbassare la temperatura di rammollimento del materiale (temperatura Vicat), il suo modulo di elasticità (E) e ad innalzare il coefficiente di dilatazione termica lineare. Anche la resistenza all'invecchiamento per irraggiamento UV e per agenti ambientali risulta peggiorata nei tipi di PVC antiurtizzati. Questi effetti sono molto meno importanti se l'aumento di tenacità viene conseguito con rinforzanti di tipo inorganico o anche modificando la macro-molecola del PVC per innesto su polimeri o copolimeri acrilici. Comunque non è detto che queste due ultime strade siano destinate a sostituire completamente le mescole con antiurtizzanti polimerici. La misura della resistenza del profilo agli urti viene condotta con un metodo che comporta la caduta di un peso sulla superficie di uno spezzone di profilo.

Si ricorda qui che i profili a base di PVC tipo A (non antiurtizzato) vengono provati a 0°C e quelli a base di PVC tipo B antiurtizzato a 10°C.

La condizione alla base della realizzazione di una finestra di qualità sta in una competente progettazione del sistema di profilati visti nel loro inserimento dei serramenti finiti. Questo compito comporta una alta professionalità in quanto si devono affrontare e collegare in un piano progettuale le proprietà del materiale, la sua adattabilità ad essere rinforzato con inserti metallici a ricevere la ferramenta, con le carat-

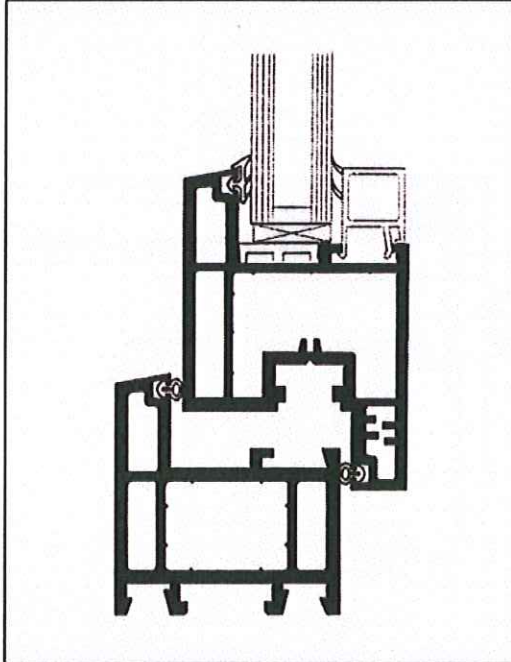


Fig. 8 - Profilo con guarnizione normale

teristiche tecniche richieste dal sistema finito. Nella fase di progettazione devono essere presi in considerazione i quattro aspetti seguenti:

- le richieste del mercato e dei regolamenti edilizi per quanto riguarda aspetto, prestazioni, durabilità, prezzi;
- le caratteristiche tecniche del serramento da realizzare,
- le caratteristiche del materiale da impiegare;
- il disegno e processo di realizzazione dei profili.

L'attenzione a questi aspetti, l'applicazione delle conoscenze sul comportamento del materiale e dell'esperienza finora acquisita permettono di arrivare alla progettazione di profilati con geometrie idonee a sopportare le sollecitazioni meccaniche e termiche di esercizio e alla realizzazione di serramenti di elevata qualità atti a durare nel tempo, come fin dal suo nascere l'industria della finestra di PVC si è sempre proposta.

La progettazione dei profili deve interessare non solo le caratteristiche meccaniche ma anche le caratteristiche funzionali del serramento e senza dubbio le

prestazioni di tenuta all'aria e all'acqua sono considerate le principali.

A tale fine il profilo può essere realizzato con differenti forme e caratteristiche.

Una prima classificazione funzionale deriva dalla posizione della guarnizione inserita all'interno del serramento ottenendo così due gruppi di profili:

- profilo con guarnizione posizionata nelle alette di battuta;
- profilo con guarnizione in posizione centrale, detto profilo a giunto aperto.

Il primo gruppo di profili (Fig. 8) garantisce la tenuta all'acqua ed all'aria mediante guarnizioni (una o due).

La tenuta all'aria e all'acqua dipende quindi dalla pressione di contatto per la guarnizione, dalla elasticità della stessa e dalla planarità delle ante.

Sotto il nome "giunto aperto" si intende una particolare conformazione dei profilati che formano la battuta del serramento, progettata in modo da migliorare la tenuta dell'acqua per evitare che questa sia spinta a penetrare all'interno dalla pressione del vento.

La Fig. 9 presenta un esempio classico di giunto aperto e mostra il percorso seguito dall'acqua piovana sotto l'azione del vento che agisce dall'esterno: nella precamera di raccolta la pressione è uguale a quella esterna, e l'acqua defluisce facilmente verso l'esterno attraverso il foro di scarico inferiore.

È evidente che l'opportunità del giunto aperto è maggiormente sentita quando si riscontra che - per condizioni climatiche o di esposizioni severe - le normali tenute non bastano più: vediamo quindi quali sono le condizioni che ne possono far nascere la necessità.

Una corretta progettazione del giunto aperto deve tener conto di diversi fattori:

- a) l'apertura del giunto deve essere della dimensione superiore al diametro delle gocce d'acqua;
- b) la camera di espansione deve essere la più larga possibile e deve essere in perfetto collegamento con l'esterno, onde avere la stessa pressione esterna;
- c) deve essere particolarmente curata l'evacuazione dell'acqua della camera di espansione;
- d) è critica la qualità e la continuità della guarnizione fungente da barriera all'aria.

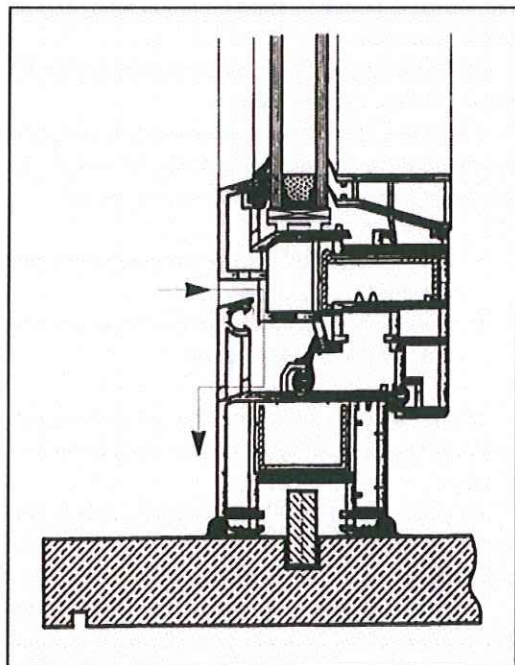


Fig. 9 - Profilo con giunto aperto

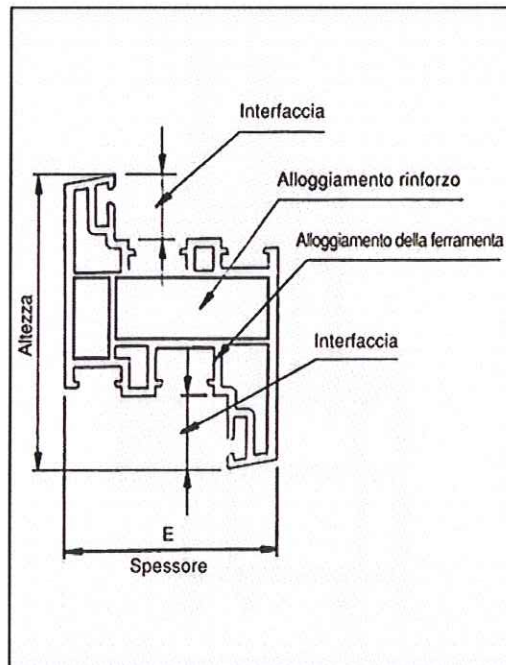


Fig. 10 - Dimensioni esterne profili principali

Da quanto esposto si deduce che i profili in PVC non possono essere assimilati a semplici prodotti estrusi ma contengono un alto livello di ricerca tecnologica e non solo.

La forma del profilo sintetizza anche un processo architettonico molto complesso e personalizzato.

Da questo punto di vista il profilo può significare concetti quali (Fig. 10):

- zona di battuta fra telaio ed anta;
- zona di alloggiamento dei rinforzi o della ferramenta;
- spessore del profilo;
- rapporto fra parte opaca (telaio) e parte trasparente.

I profili vengono definiti anche secondo lo spessore delle proprie pareti esterne ed interne (Fig. 11) che influiscono sullo spessore globale e sulle caratteristiche meccaniche.

I profili, essendo elementi estrusi, possono presentare all'interno delle zone o camere.

Il numero varia generalmente da 1 a 3.

In Fig. 12 sono riportati a titolo di esempio tre profili a 1, 2, 3 camere con i vantaggi e gli svantaggi

principali che esse comportano. L'esempio migliore e certamente il più importante per la progettazione dei profilati è rivolto al concetto di "SISTEMA". I produttori di serramenti in PVC sono stati fra i primi a concepire il sistema come insieme coordinato e razionale di profili dovuto senza dubbio alla necessità di industrializzazione del prodotto.

Sistema vuole essere quell'insieme di profili e di

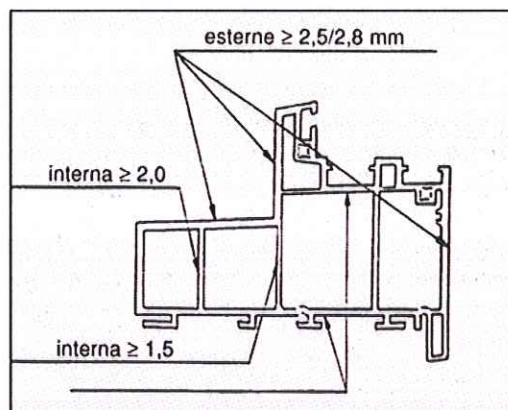


Fig. 11 - Spessori delle pareti di un profilo

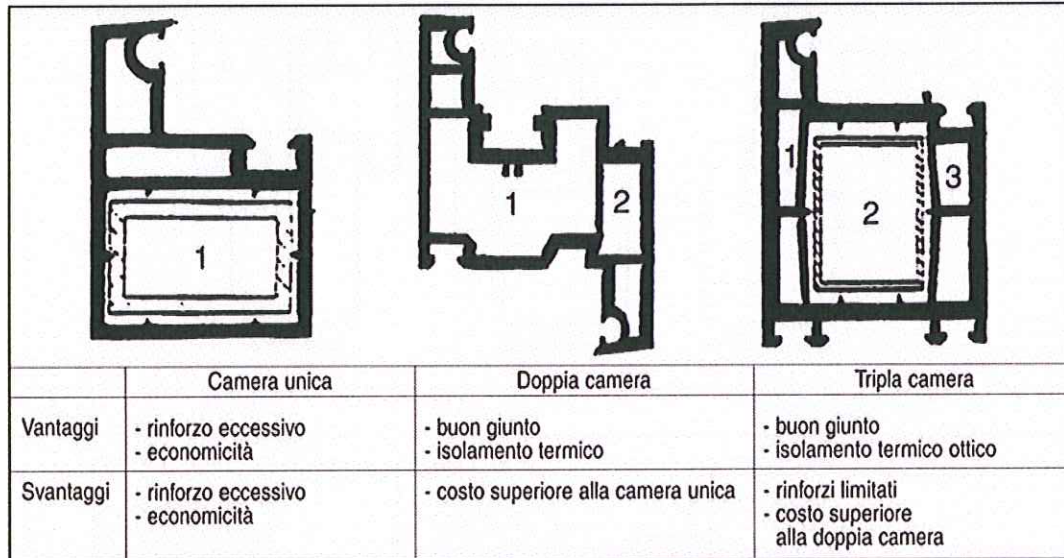


Fig. 12 - Numero delle camere dei profili

accessori che permettono di ottenere determinate tipologie con prestazioni attendibili. Lo studio del sistema implica la conoscenza delle numerose tipologie di apertura che il serramento potrà offrire e dovrà soddisfare le esigenze di interfaccia fra serramento e ancoraggio. Si possono individuare tre interfacce (Fig. 13):

- 1 - telaio - aula (Fig. 15);
- 2 - anta - vetratura (Fig. 14);
- 3 - supporto - telaio (Fig. 16).

Il concetto di sistema si presenta come una fortissima valenza nel quadro generale dei serramenti tanto da essere stato recepito all'interno del nuovo e futuro marchio UNI sui serramenti esterni.

Inoltre il sistema prepara un'azienda per una qualificazione sistematica e generalizzata dell'intera produzione e che completa, come affidabilità e serietà, il prodotto che verrà creato ed in seguito commercializzato.

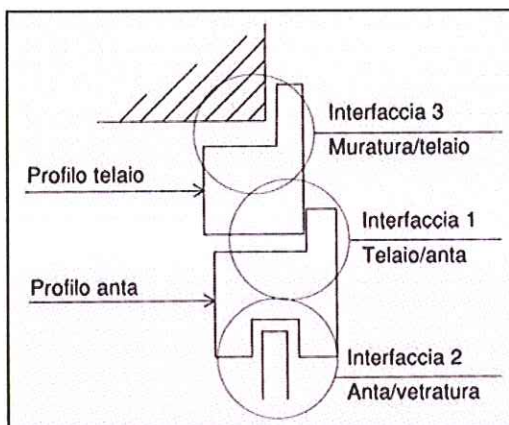


Fig. 13 - Costituzione del "SISTEMA"

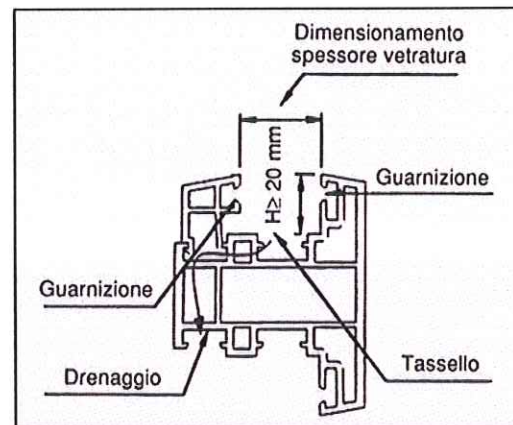


Fig. 14 - Interfaccia 2 = anta/vetratura

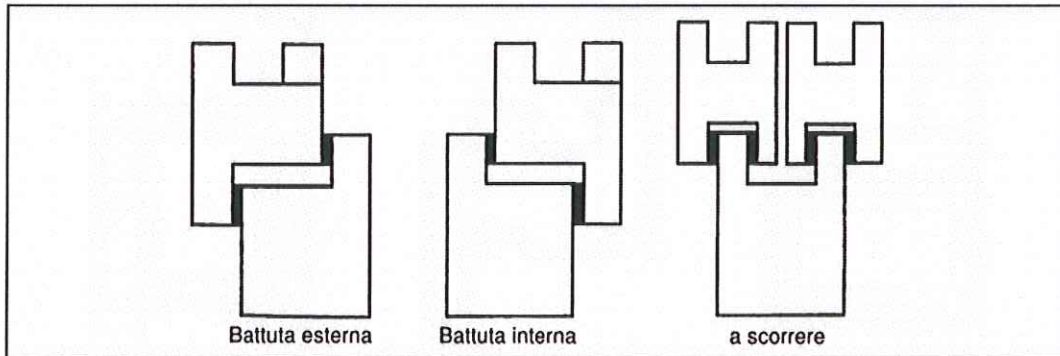


Fig. 15 - Interfaccia 1 = telaio/lanta

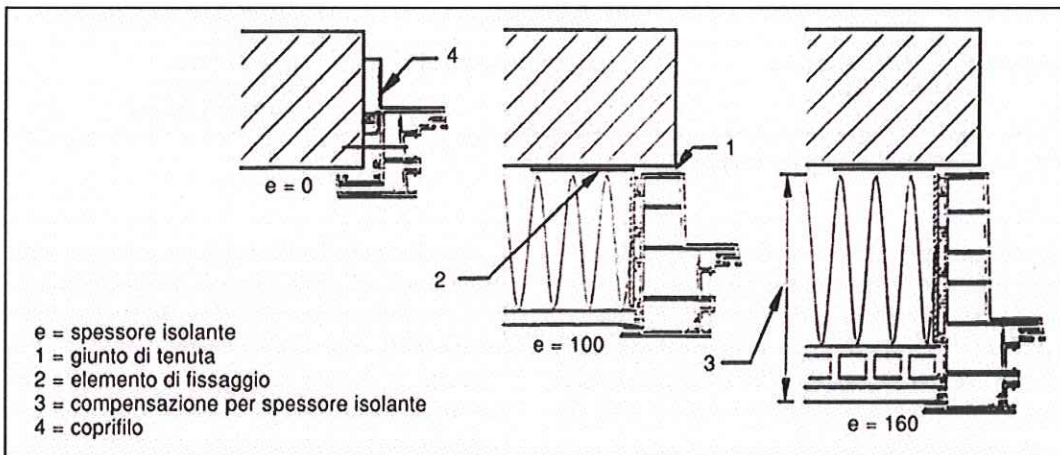


Fig. 16 - Interfaccia 3 = murata/telaio

2. LE PRESTAZIONI FUNZIONALI

- **Le prestazioni funzionali**

Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti da carichi statici

Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti dal carico del vento

Requisiti di resistenza in caso di incendio

Requisiti relativi alle variazioni di temperatura

Requisiti acustici

Requisiti relativi alla permeabilità dell'aria

Requisiti di resistenza agli urti

Requisiti di tenuta all'acqua

Requisiti relativi al comportamento igrometrico

Requisiti di affidabilità

Requisiti ottici e visivi

Requisiti relativi all'operabilità delle parti mobili

- **Classificazione**

Classificazione della freccia relativa frontale

Classificazione della resistenza al carico del vento

- **La statica del serramento**

Le deformazioni

Resistenza agli urti

Resistenza delle saldature

Dilatazioni termiche

Ancoraggio delle cerniere

Esempio: calcolo del montante del nodo centrale di battuta

PVC

LE PRESTAZIONI FUNZIONALI

Per definire le prestazioni del serramento è utile analizzarne la funzione primaria: elemento del tamponamento esterno che permette il passaggio della luce e dell'aria.

Questo indica che il serramento deve essere annoverato fra quei componenti che l'uomo utilizza per creare l'ambiente e il clima ideale.

Le richieste progettuali possono contemplare condizioni quasi inimmaginabili sottoponendo la finestra a un ruolo sempre più importante e impegnativo.

Ne sono dimostrazione l'elenco dei requisiti che devono essere considerati nella fase progettuale.

Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti da carichi statici

Capacità o attitudine di sopportare le sollecitazioni derivanti dal carico dovuto al peso proprio e dai carichi di servizio senza deformazioni permanenti e tali da pregiudicare la stabilità la sicurezza e la funzionalità.

Caratteristiche

- solidità e coerenza del sistema costruito;
- sicurezza degli utenti;
- economia dei trasporti e della messa in opera (massa e ingombro);
- flessibilità di trasformazione dell'edificio;
- resistenza allo smantellamento (alla demolizione);
- resistenza ai fenomeni vibratorii;
- resistenza ai fenomeni sismici;
- comportamento acustico;
- comportamento igrotermico (deformazione ai giunti sotto carico);
- efficienza strutturale.

Requisiti di resistenza alle sollecitazioni derivanti dal carico del vento

Capacità e attitudine di sopportare, senza deformazioni permanenti e tali da pregiudicare la stabilità, la sicurezza e la funzionalità, le sollecitazioni derivanti dal carico dinamico del vento sull'edificio e sulle parti specifiche.

Caratteristiche

- direzione e forza dei venti dominanti;
- frequenze stagionali dei venti dominanti;
- presenza contemporanea del vento e della pioggia;
- efficienza strutturale;
- sicurezza degli utenti;
- sicurezza degli operatori;
- permeabilità all'aria;
- tenuta all'acqua;
- comportamento igrotermico;
- ventilazione naturale ed artificiale;
- vibrazioni e usura meccanica;
- rumorosità e comfort acustico;
- carico del vento sulle pareti divisorie interne;
- coerenza dei movimenti con i componenti adiacenti;
- tolleranze e giochi di montaggio;
- economia di manutenzione e gestione;
- presenza di edifici od ostacoli in grado di provocare anomalie nel flusso naturale del vento attorno all'edificio;
- forme particolari nella chiusura esterna o dei suoi organismi (logge, balconi, aggetti, parapetti, cornicioni, lesene, avancorpi) in grado di provocare anomalie nel flusso naturale del vento nelle adiacenze e sollecitazioni specifiche eccezionali;

mento o di schermatura solare e delle relative manovre, scricchiolii dovuti a dilatazioni e contrazioni termiche).

Caratteristiche

- massa areica e spessore di ciascun singolo strato;
- permeabilità all'aria;
- sistemi di fissaggio e collegamento strutturale;
- condizioni ai bordi delle lastre di vetro e dei pannelli di tamponamento in genere;
- frequenze proprie e frequenze di coincidenza dei componenti collegati;
- presenza e dimensione di intercapedine fra i vari strati costitutivi delle chiusure esterne;
- presenza di canalizzazioni o di elementi continui rigidi all'interno delle chiusure esterne;
- percentuale di superfici apribili o comunque di superficie vetrata rispetto alla superficie complessiva;
- assorbimento delle dilatazioni e delle contrazioni termiche;
- manovre di parti mobili e accessorie;
- schermi e geometria della chiusura esterna (parapetti, logge, aggetti);
- angolo di incidenza con cui le onde sonore investono la chiusura esterna;
- orientamento della superficie della chiusura esterna rispetto alle linee di traffico;
- geometria e condizioni morfologiche del contesto urbano;
- elementi di separazione orizzontali e verticali interni;
- dinamica del vento attorno all'edificio.

Requisiti relativi alla permeabilità all'aria

Capacità o attitudine di controllare la quantità di aria che le attraversa.

La permeabilità all'aria si esprime in metri cubi all'ora riferiti all'unità di superficie apribile (m²) o all'unità di lunghezza (m) di giunti apribili in funzione di specificate pressioni.

Caratteristiche

- differenze di pressione fra interno ed esterno;
- dinamica del vento attorno agli edifici;
- comfort degli abitanti;

- comportamento igrotermico;
- comportamento acustico;
- invecchiamento e fenomeni di aggressione chimica; manutenzione;
- consumi energetici;
- comportamento durante l'incendio;
- isolamento termico;
- sistemi di giunzione;
- caratteristiche delle vetrate;
- differenze di temperatura fra superfici esterne e interne della chiusura;
- differenze di temperatura fra parte alta e parte bassa dell'edificio e dei vani;
- differenze di temperatura fra esterno e interno;
- tiraggi naturali innescati da elementi continui e verticali;
- movimenti degli strati limite dell'aria in corrispondenza delle superfici;
- geometria dell'edificio;
- efficienza strutturale;
- manovrabilità delle parti mobili e sviluppo dei giunti;
- modalità di messa in opera.

Requisiti di resistenza agli urti

Capacità o attitudine di resistere senza degrado funzionale, deformazioni permanenti o altre menomazioni alle sollecitazioni derivanti da urti con corpi molli e da urti con corpi duri.

In sede progettuale è necessario specificare le caratteristiche dinamiche degli urti possibili e in particolare i seguenti aspetti:

- massa, velocità e superficie di contatto dei corpi che possono urtare le chiusure esterne sulla faccia interna e/o sulla facciata esterna;
- durezza dei materiali costituenti tali corpi e caratteristiche di forma significative;
- aree di possibile esposizione agli urti;
- implicazioni sulla sicurezza di persone e cose derivanti dagli urti e dalle loro conseguenze sulle chiusure esterne.

Caratteristiche

- massa, caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la chiusura esterna;
- finitura superficiale esterna e interna;

- durezza degli strati di supporto e degli strati superficiali;
- resistenza degli strati superficiali e degli strati di supporto;
- fissaggio e collegamento della chiusura esterna al sistema strutturale portante dell'edificio;
- sicurezza di persone e cose;
- durata e affidabilità.

Requisiti di tenuta all'acqua

Capacità o attitudine di impedire che acqua di origine meteorica o di lavaggio raggiunga parti della chiusura stessa o dell'edificio che non sono state progettate per essere bagnate.

Caratteristiche

- caratteristiche della pioggia battente;
- dati climatologici della zona;
- dinamica del vento attorno all'edificio;
- probabilità di precipitazioni nevose e di fenomeni di rigelo;
- porosità del manto superficiale esterno;
- permeabilità dei materiali costituenti;
- geometria dei giunti;
- articolazione formale geometrica delle facciate;
- articolazione dei materiali di giunzione;
- permeabilità all'aria;
- resistenza al carico del vento e agli effetti del vento;
- comportamento alle variazioni di temperatura;
- permeabilità al vapore dei materiali costituenti;
- mantenimento nel tempo delle caratteristiche fisiche, chimiche e della geometria del paramento esterno;
- efficienza strutturale;
- capillarità e caratteristiche di finitura superficiale;
- presenza di drenaggi;
- condizioni di pressione e loro variabilità;
- possibilità di reazioni chimiche;
- modifiche delle caratteristiche meccaniche di coibenza e di trasmissione termica dei materiali;
- modifiche dei coefficienti di adduzione superficiale.

Requisiti relativi al comportamento igrotermico

Capacità o attitudine di mantenere la temperatura della superficie interna il più possibile vicina a quella dell'aria dell'ambiente interno nelle varie situazioni di clima esterno e di clima interno previste, limitando al minimo l'apporto energetico degli impianti di climatizzazione (riscaldamento, raffreddamento, ventilazione) e controllando i fenomeni di condensa possibili.

In particolare il collegamento con il contesto adiacente dovrà essere concepito e realizzato in modo da ridurre i fenomeni dovuti a discontinuità della resistenza termica della parete esterna.

Caratteristiche

- profilo climatologico esterno;
- condizioni di comfort fisico-psicologico in relazione alle attività delle utenze previste all'interno;
- regime di irraggiamento solare;
- energia di gestione del contesto costruito;
- regime di condizionamento termico e impianto relativo;
- orari e stagioni di utenza;
- massa degli strati costituenti le chiusure esterne;
- massa degli strati costituenti i pavimenti, i solai, i divisori interni e i sistemi di copertura;
- coibenza dei materiali costituenti le chiusure esterne;
- coibenza dei materiali costituenti pavimenti e solai, divisori interni e sistemi di copertura;
- sistemi di chiusura delle parti mobili delle chiusure esterne;
- sistemi di oscuramento e schermatura solare;
- sistema di ventilazione (naturale e artificiale);
- presenza di discontinuità e giunti;
- permeabilità all'aria dei giunti;
- porosità e rugosità delle superfici esterne ed interne;
- colore della superficie interna ed esterna e loro coefficiente di assorbimento spettrale;
- movimenti dell'aria negli strati limite esterni, interni e intermedi;
- rapporto tra superficie trasparente e superficie opaca;
- resistenza e comportamento alle sollecitazioni derivanti dal carico del vento;

- permeabilità al vapore d'acqua;
- efficienza strutturale.

Requisiti di affidabilità

Capacità o attitudine di mantenere sensibilmente invariata nel tempo la qualità secondo precisate condizioni d'uso e mediante operazioni di:

- ispezione, cioè di supervisione analitica e sistematica allo scopo di individuare e denunciare segni di degrado difetti incipienti, danni accidentali;
- prevenzione, cioè di intervento corrente necessario per evitare fenomeni critici e/o irreversibili;
- manutenzione, cioè di intervento di ripristino e sostituzione di parti, di elementi o di finiture superficiali che abbiano raggiunto il limite di vita economica relativo.

Caratteristiche

- efficienza strutturale;
- resistenza al carico del vento e ai suoi effetti collaterali;
- resistenza in caso di incendio;
- permeabilità all'aria;
- comportamento igrotermico;
- resistenza al contatto con i liquidi;
- resistenza ai fenomeni elettrici, elettromagnetici e di irraggiamento;
- comportamento acustico;
- tenuta all'acqua.

Requisiti ottici e visivi

Capacità o attitudine di garantire la possibilità di vedere dall'interno verso l'esterno, e viceversa quando desiderato, di controllare fenomeni di abbagliamento, di controllare l'illuminazione per lo svolgimento delle attività all'interno dell'edificio.

Caratteristiche

- controllo del comfort igrotermico;
- illuminazione naturale delle superfici e degli spazi utili;
- illuminazione artificiale delle superfici e degli spazi utili;
- bilancio termico ed energetico;

- sicurezza e protezione visiva;
- manutenzione e pulizia;
- comfort acustico;
- controllo del microclima interno.

Requisiti relativi all'operabilità delle parti mobili

Le parti mobili dei serramenti devono poter essere aperte e chiuse mediante l'applicazione di sforzi agibili dall'utenza e senza implicare operazioni pericolose.

I sistemi di chiusura e i relativi accessori devono essere in grado di sopportare e trasferire al contesto adiacente (telai fissi e componenti adiacenti) le sollecitazioni derivanti dal peso proprio delle parti mobili nelle diverse posizioni di apertura.

Caratteristiche

- sicurezza degli utenti;
- resistenza al carico del vento;
- tenuta all'acqua;
- permeabilità all'aria;
- affidabilità e durabilità;
- rumorosità durante la manovra;
- rumorosità indotta dalla dinamica del vento;
- efficienza strutturale.

Gli agenti atmosferici sono i principali artefici del giudizio di un serramento.

La classica caratterizzazione della finestra riguarda gli aspetti prestazionali primari: permeabilità all'aria, tenuta all'acqua, resistenza al vento. È di facile supposizione che i tre agenti esterni influenzino non solo il comportamento del componente, ma interagiscono con l'ambiente interno come ad esempio i ricambi d'aria, l'isolamento termico, l'inquinamento dell'aria, il microclima.

I controlli sul serramento finito riguardano in particolare caratteristiche che più interessano il committente e l'utilizzatore finale.

Per la valutazione di una finestra è determinante la definizione della sua idoneità all'uso, della sua funzionalità, che viene ottenuta a seguito di un esame adeguato del progetto costruttivo – compreso quello relativo ai profilati impiegati, ai tipi di accessori utilizzati – e con valutazione del comportamento a sollecitazioni che imitino quelle che l'infilso potrà sopportare nella sua lunga vita in esercizio.

Tabella 6

CLASSIFICAZIONE UNI EN 12208			
Pressione di prova P_{max} in Pa ^{a)}	Classificazione		Specifiche
	Metodo di prova A	Metodo di prova B	
-	O	O	Nessun requisito
O	1A	1B	Irrorazione per 15 min
50	2A	2B	Come classe 1 + 5 min
100	3A	3B	Come classe 2 + 5 min
150	4A	4B	Come classe 3 + 5 min
200	5A	5B	Come classe 4 + 5 min
250	6A	6B	Come classe 5 + 5 min
300	7A	7B	Come classe 6 + 5 min
450	8A	-	Come classe 7 + 5 min
600	9A	-	Come classe 8 + 5 min
>600	Exxx	-	Al di sopra di 600 Pa con cadenza di 150 Pa, la durata di ciascuna fase deve essere di 5 min

Nota - Il metodo A è adatto per prodotti pienamente esposti.
Il metodo B è adatto per prodotti parzialmente protetti.
a) Dopo 15 min a pressione zero e 5 min alle fasi susseguenti.

B) Tenuta all'acqua

La prova che valuta questo comportamento determina a quale pressione di vento l'acqua piovana può penetrare all'interno dell'edificio.

La prova è condotta a pressione costante e ad impulsi di pressione. Il comportamento è condizionato sia dalla risposta del telaio sia dalla tenuta delle guarnizioni, e viene classificato nei livelli riportati in tabella secondo la norma UNI EN 12208.

I campioni che permettono la penetrazione di acqua alla pressione zero prima del termine di 5 min non possono essere classificati.

I campioni che risultano impermeabili a pressioni di prova maggiori di 600 Pa per un minimo di 5 min devono essere classificati Exxx, dove xxx è la pressione massima di prova.

È possibile stimare la quantità di acqua che potrebbe infiltrarsi nei giunti del serramento mediante la relazione:

$$Q = \mu S \sqrt{2 g \cdot h - (\Delta) p/e}$$

dove:

Q = quantità del flusso di acqua;

S = sezione dell'apertura;

μ = coefficiente dipendente dalla geometria dell'apertura (può assumere valori da 0,7 a 2);

g = accelerazione di gravità ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

h = altezza della caduta d'acqua;

*p = Pe-Pd;

Pe = pressione dell'aria nella zona di ingresso dell'acqua;

Pd = pressione dell'aria nel punto di uscita dell'acqua;
e = densità dell'acqua.

C) Resistenza al carico del vento

I serramenti sottoposti alle prove previste dalla UNI-EN 12210 sono classificati in sette classi.

Classificazione

Il metodo di prova determina i limiti (P1, P2 e P3) per il campione sottoposto a prova. Detti limiti sono espressi in Pascal (Pa). Le relazioni tra i limiti sono:

- P2=0,5P1;
- P3=1,5P1.

La classificazione deve essere in accordo con i risultati delle prove di resistenza al vento a pressioni di prova positive e negative.

Tabella 7

CLASSIFICAZIONE DEL CARICO DI VENTO			
Classe	P1	P2 ^{a)}	P3
0	non sottoposto a prova		
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
Exxxx ^{b)}	xxxx		

a) Questa pressione viene ripetuta 50 volte.
 b) Il campione sottoposto a prova con un carico del vento superiore a classe 5, vengono classificati Exxxx - dove xxxx è la pressione reale di prova P1 (per esempio 2350 ecc.).

Classificazione della freccia relativa frontale

La freccia relativa frontale dell'elemento più deformato del telaio sottoposto a prova, misurata ad una pressione di prova P1 deve essere classificata come prescritta dal prospetto seguente:

Tabella 8

CLASSIFICAZIONE DELLA FRECCIA RELATIVA FRONTALE	
Classe	Freccia relativa frontale
A	< 1/150
B	< 1/300
C	< 1/300

Al fine di poter classificare il prodotto devono tra l'altro essere soddisfatti i seguenti requisiti.

A) Sotto pressione del vento P1 e P2

Nessun difetto visibile nel corno di un controllo eseguito con osservazione visiva normale e corretta ad una distanza di 1 m con luce naturale.

Il campione deve rimanere in buono stato di funzionamento e l'aumento massimo della permeabilità all'aria risultante dalle prove di resistenza al vento a

P1 e P2, non deve essere maggiore del 20% rispetto alla permeabilità all'aria massima ammissibile per la classificazione di permeabilità all'aria ottenuta precedentemente.

B) Sotto pressione del vento P3

Devono essere consentiti difetti come flessione e/o svergolamento di qualsiasi elemento accessorio e la fessurazione o formazione di crepe di qualsiasi elemento componente del telaio qualora non si verificano distacchi di singole parti e che il campione sottoposto a prova rimanga chiuso.

Comunque se si rompe il vetro è consentito sostituire e ripetere la prova un'altra volta.

Classificazione della resistenza al carico del vento

I carichi del vento e la corrispondente freccia relativa frontale devono essere combinati in una classificazione globale come indicato nel prospetto.

L'unica fonte di dati sul vento rimane la norma CNR-UNI 10012 che suddivide il territorio italiano in quattro zone:

La pressione viene inoltre variata in funzione dell'altezza dell'edificio considerato con un andamento evidenziato in Fig. 17.

Tabella 9

PROSPETTO 1 - Resistenza al vento - Classificazione			
Classe di pressione del vento	Freccia relativa frontale		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4
5	A5	B5	C5
Exxxx	AExxxx	BExxxx	CExxxx

Nota - Nella classificazione della resistenza al carico del vento la cifra si riferisce alla classe del vento, vedere prospetto 1, e la lettera si riferisce alla freccia relativa frontale, vedere prospetto 2.

Tabella 10

Zona	pressione	vento	60	kg/m ²
Zona 1			60	kg/m ²
Zona 2	"	"	80	"
Zona 3	"	"	100	"
Zona 4	"	"	120	"

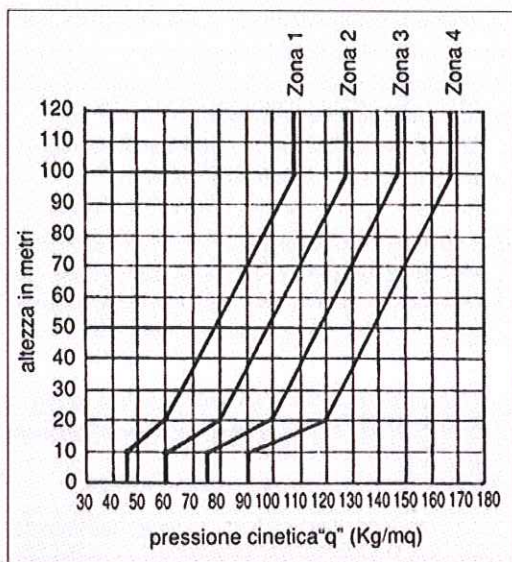


Fig. 17

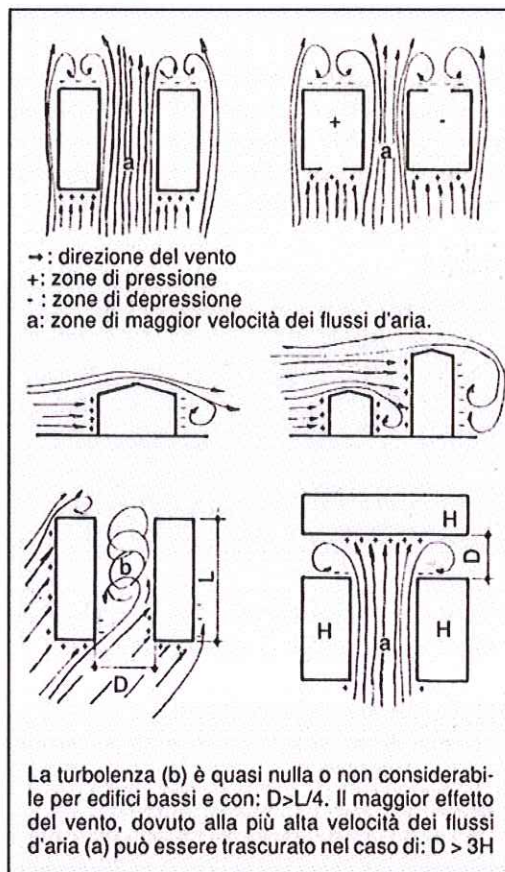


Fig. 18

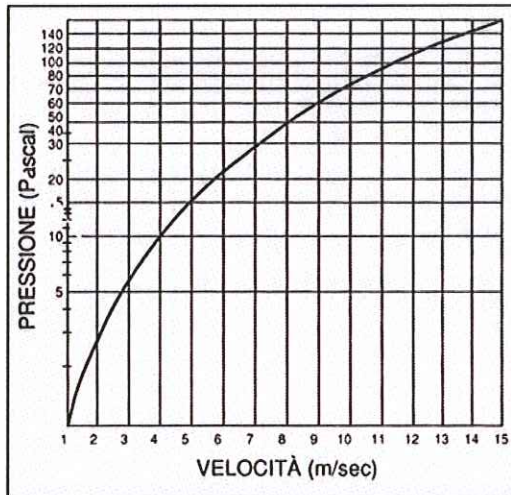


Fig. 19 - Andamento della pressione in funzione della velocità del vento

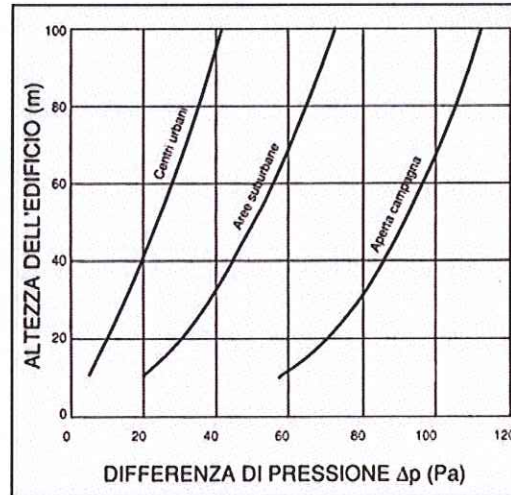


Fig. 20 - Effetto della differenza di pressione dovuta al vento (in base ai valori dell'IHVE Guide)

L'andamento del vento in prossimità dell'abitazione è cosa di difficile trattazione. Molti studi sono stati eseguiti sia su scala reale che in laboratorio con modelli che hanno evidenziato l'andamento delle pressioni positive o negative (Fig. 18). È anche importante sottolineare come il comportamento del serramento potrà essere molto differente nei casi siano presenti pressioni positive oppure negative.

In Fig. 19 e 20 sono riportati gli andamenti della pressione in funzione della velocità del vento per comodità di interpolazione e della differenza ulteriore che può avere il vento in funzione del sito dell'edificio. La correzione fra aria, acqua, vento viene rimarcata dalla fase progettuale del sistema di tenuta del serramento. Ciò indica come la garanzia di tenuta può essere realizzata con metodi differenti dal profilo alla guarnizione particolare.

Le tecniche oggi adottate vengono classificate in due gruppi:

- a doppia guarnizione;
- a giunto aperto.

L'argomento è molto particolare e specifico richiederebbe più ampio spazio. Ricordiamo solo che le guarnizioni rivestono nei serramenti di oggi un ruolo basilare che non possedevano negli anni passati.

I materiali adottati e le forme possibili hanno permesso di realizzare elementi di tenuta con caratteristi-

che di durata e di funzionalità elevate. Un aspetto da non trascurare è la messa in opera del serramento. Questa fase finale, molte volte pregiudica l'intera prestazione.

I giunti del serramento possono essere risolti ottimamente, ma i giunti fra questo e il sostegno di muratura comporta ancora alcune incertezze soprattutto se l'operato viene svolto da tecnici non preparati. Le tecniche di posa variano in funzione del materiale con cui è realizzato il telaio ed è quindi palese che la posa deve essere differente al suo variare.

La conclusione possibile di un argomento così vasto ed intrecciato può essere la tabella riassuntiva della norma UNI 11173 che riportiamo (Tab. 11). Il prospetto rappresenta la sintesi di tutto quanto esposto in quanto possono essere definite le classi prestazionali del serramento in funzione del tipo di esposizione, della zona climatica, della zona di vento, dell'altezza dell'edificio. Una nota negativa proviene dalla constatazione che la maggioranza dei tecnici non è a conoscenza della norma e quindi non l'utilizza. Essa permette di evitare i reclami soliti e i diverbi tra fornitori e utilizzatori, è la base di ogni capitolato prestazionale anche se semplicissimo. In ogni caso è necessario che i costruttori di serramenti inseriscano i dati relativi alle classi di appartenenza dei sistemi costruiti permettendo ai progettisti di attingere alla fonte i valori necessari.

Tabella 11 - Prospetto sette diverse classi di prestazioni

Tipo di esposizione		Campagna aperta		Campagna con rompivento, piccole città, periferie		Centro grandi città	
Zone climatiche		A C F B D E	A, B, C, D, E, F,	A C F B D E	A, B, C, D, E, F,	A C F B D E	A, B, C, D, E, F,
Zona di vento	Altezza dell'edificio (m)	Classi di permeabilità all'aria	Classi di tenuta all'acqua e resistenza	Classi di permeabilità all'aria	Classi di tenuta all'acqua e resistenza	Classi di permeabilità all'aria	Classi di tenuta all'acqua e resistenza
1	10	A1 A1 A2	E1 V1	A1 A1 A2	E1 V1	A1 A1 A2	E1 V1
	20	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 C1a	A1 A1 A2	E1 V1
	40	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a
	60	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A2	E2 V1a
	80	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2
	100 e più	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a
2	10	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A1 A2	E1 V1	A1 A1 A2	E1 V1
	20	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a
	40	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2
	60	A2 A3 A3	E3 V2a	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2
	80	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a
	100 e più	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a
3	10	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a
	20	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A2	E2 V1a
	40	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a	A1 A2 A3	E2 V2
	60	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a
	80	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E3 V2a
	100 e più	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3
4	10	A1 A2 A3	E2 V2	A1 A2 A2	E2 V1a	A1 A2 A2	E2 V1a
	20	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a	A1 A2 A3	E2 V2
	40	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E3 V2a	A2 A3 A3	E3 V2a
	60	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E3 V2a
	80	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3
	100 e più	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3	A2 A3 A3	E4 V3

La statica del serramento

Le caratteristiche meccaniche del serramento influenzano ogni parte dell'elemento costruttivo dal materiale con cui è prodotto agli elementi complementari quali guarnizioni e fissaggi. È prassi comune oggi sottolineare con più forza le caratteristiche di tenuta all'aria, di permeabilità all'aria e di resistenza al vento rispetto al comportamento statico-meccanico nel suo complesso. Questo è sicuramente dovuto alla influenza che

la normativa riguardante i tre temi sopra ricordati ricopre e che viene riportata in ogni richiesta di appalto o di preventivazione. La resistenza al vento, in particolare, si riferisce ad azioni più irregolari ed al calcolo di base per la progettazione nonché al dimensionamento del profilo e del relativo fissaggio al supporto. Il calcolo parte dall'analisi delle sollecitazioni indotte dagli agenti che le provocano. Questi si possono suddividere sommariamente in due gruppi: agenti esterni quali il vento, agenti

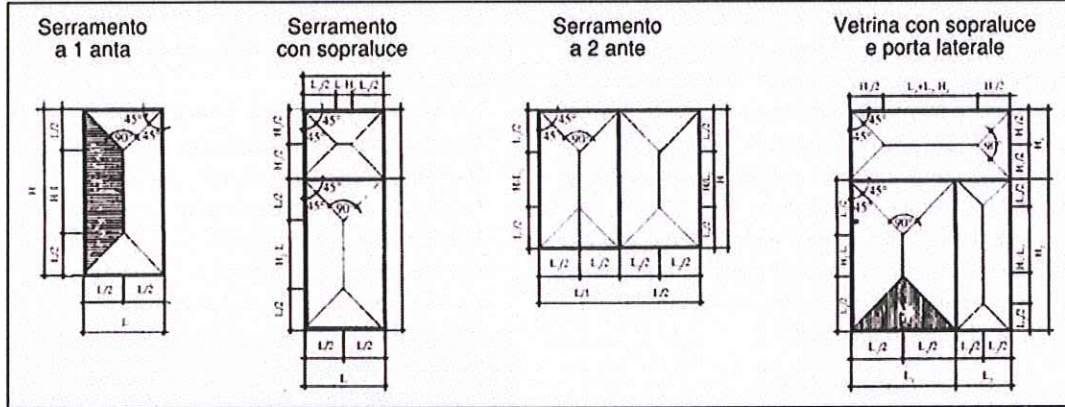


Fig. 21

interni quali gli urti o le deformazioni. La progettazione riveste quindi un ruolo essenziale e le ipotesi semplificative di calcolo ne sono il corrispettivo esempio.

In Fig. 21 sono riportate alcune tipologie di serramenti. La superficie vetrata è suddivisa in triangoli e trapezi, ognuno dei quali permette di verificare staticamente il lato maggiore relativo. Questa prassi permette di suddividere un carico agente sulla intera superficie in funzione dei lati dei serramento (generalmente in numero di quattro). Analizziamo il serramento ad un'anta, il cui lato H risulta caricato con andamento trapezoidale (che rivediamo in Fig. 22) in cui il carico viene soppor-

tato dal profilo. L'andamento della pressione del vento è visibile in Fig. 18 (che permette di analizzare le zone di un edificio sottoposto a pressioni e depressioni). Il raffronto fra le Figg. 22 e 18 permette di ricercare il comportamento meccanico relativo. Tralasciando di riportare la trattazione completa ricordiamo solo alcune formule essenziali analizzabili nello schema 1. Queste permettono di ottenere, con le caratteristiche del profilo, del materiale utilizzato e della forza del vento, le dimensioni più importanti di altezza e larghezza del serramento. La conseguenza importante del dimensionamento sono i fissaggi che devono essere eseguiti per

Schema 1

$E J \geq \left(\frac{A}{12}\right)^3 \cdot V$	Profilo del telaio mobile orizzontale
$E J \geq \left(\frac{B}{20}\right)^3 \cdot AV$	Profilo del telaio mobile verticale
$E J \geq \left(\frac{C}{7}\right)^3 \cdot AV$	Profilo del telaio mobile verticale
$E J \geq \left(\frac{H}{17}\right)^3 \cdot VL$	Montante del nodo centrale di battitura nei telai mobili
$E J \geq \left(\frac{h}{23}\right)^3 \cdot VL$	Montante fisso
$E J \geq \left(\frac{l}{23}\right)^3 \cdot VH$	Traverso fisso

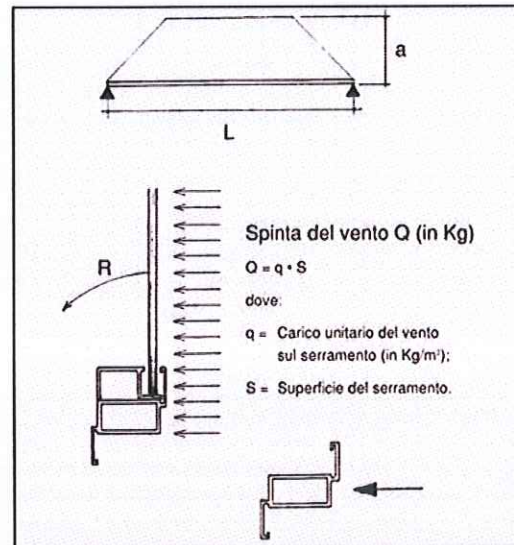


Fig. 22

garantire che il serramento sia solidale con il sostegno. In tabella 5 è riportato un abaco di facile consultazione che permette di ottenere il numero di fissaggi sui lati di una finestra. Sono riportate le dimensioni principali: larghezza (L) e altezza (H) in metri. Esterni a queste a guisa di parentesi il numero di fissaggi necessario relativo a L e H per ogni singolo lato.

Il prodotto EJ deve essere dichiarato dal fornitore degli infissi (nel caso in cui i materiali costituenti i profili fossero due o più di due, ad esempio Ferro + PVC, si sostituisce il prodotto

$$EJ \text{ con } E_1J + E_2J_2 + \dots E_nJ_n).$$

A = Larghezza dell'anta mobile maggiore o massima distanza fra i punti di chiusura in orizzontale (fra anta mobile e telaio fisso) [cm].

B = Massima distanza fra le cerniere o punti di chiusura in verticale (fra anta mobile e telaio fisso) [cm].

C = Distanza fra lo spigolo dell'anta e la cerniera (o punto di chiusura) più vicina ad esso in direzione verticale [cm].

h = Altezza del montante verticale [cm].

l = Lunghezza del traverso orizzontale [cm].

H = Altezza dell'infisso [cm].

L = Larghezza dell'infisso [cm].

V = Spinte del vento (kg/m²)

E = Modulo elastico (kg/cm²)

J = Momento di inerzia del profilo (cm⁴)

PVC (antiurtizzato bianco)	E =	25.000	[Kg/gm ²]
LEGNO (abete)	E =	100.000	"
PULTRUSO	E =	200.000	"
CALCESTRUZZO	E =	300.000	"
ALLUMINIO	E =	700.000	"
ACCIAIO	E =	2.100.000	"

Tabella 12

H	L	0		1		2		3		4		5																			
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
2	1,0																														
	1,1	4																													
3	1,2																														
	1,3																														
4	1,4																														
	1,5																														
5	1,6	6																													
	1,7		8																												
6	1,8																														
	1,9																														
7	2,0																														
	2,1																														
8	2,2																														
	2,3																														
9	2,4	8																													
	2,5		10																												
10	2,6																														
	2,7																														
11	2,8																														
	2,9																														
12	3,0																														
	3,1																														
13	3,2	10																													
	3,3		12																												
14	3,4																														
	3,5																														
15	3,6																														
	3,7																														
16	3,8																														
	3,9																														
17	4,0	12																													
	4,1		14																												
18	4,2																														
	4,3																														
19	4,4																														

Esempio: un serramento di m 2 x 3 dovrebbe essere fissato in 16 punti dei quali 10 sui montanti (5 per lato), 3 nel lato superiore e 3 nel lato inferiore.

Il comportamento meccanico del serramento in PVC può riguardare alcuni aspetti essenziali per la funzionalità e la sicurezza del serramento, di cui i principali sono:

- le deformazioni;
- la resistenza agli urti;
- la resistenza delle saldature;
- le dilatazioni termiche;
- l'ancoraggio delle cerniere.

Le deformazioni

La valutazione del serramento alle deformazioni riguarda la sua resistenza alle sollecitazioni del vento e degli sforzi applicati nelle manovre di apertura e chiusura. Le deformazioni di una finestra dipendono essenzialmente dalla resistenza alle deformazioni dei profili che costituiscono il telaio. Le necessarie caratteristiche meccaniche del profilo devono essere realizzate con opportuna progettazione della sua geometria e/o con l'inserimento di opportuni rinforzi. La misura della freccia a flessione di un profilo viene fatta applicando un carico definito su uno spezzone di profilo appoggiato su due sostegni distanti un metro. Le norme impongono che i profili non presentino frecce d'inflessione superiori ai seguenti valori riferiti alla lunghezza del profilo nel serramento:

- 1/200 per profili di serramento tradizionale;
- 1/300 per profili in facciate continue;
- 1/500 per profili che devono sopportare vetri-camera.

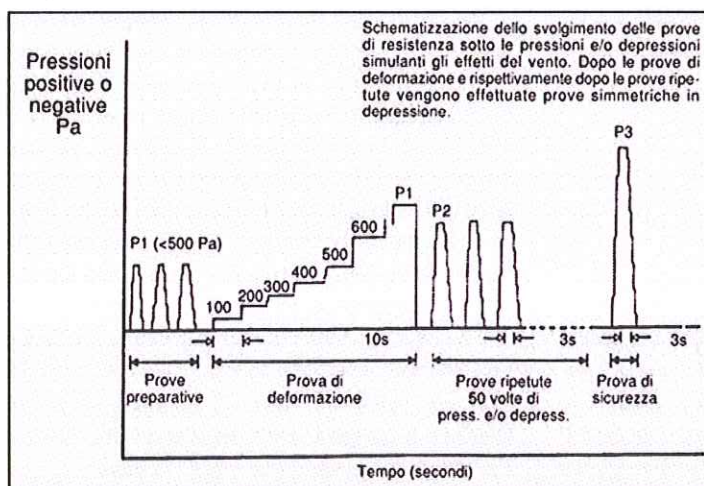


Fig. 23

Poiché la freccia è inversamente proporzionale al momento di inerzia del profilo, ne deriva che la geometria del profilo dovrà assicurare un momento di inerzia sufficiente, facilmente derivabile dal calcolo, oppure il profilo dovrà essere opportunamente rinforzato con un inserto metallico.

Sulla finestra completa vengono effettuate prove di pressione statica e alternata e prove di resistenza alle deformazioni per sforzi esercitati nelle operazioni di manovra.

Queste corrispondono alle prove riportate in precedenza con la designazione di "Resistenza al carico del vento". In questo caso vengono analizzate come sistema di caratterizzazione dinamica/ciclica. Nel primo caso vengono applicate successivamente per 10 secondi pressioni crescenti di 100 Pa fino ai 600 Pa.

Lo schema completo di queste prove è rappresentato nella Fig. 23.

L'assegnazione alle rispettive categorie presuppone che alle corrispondenti pressioni la finestra nei tre tipi di prova non abbia subito alterazioni (la manovra sia rimasta normale, la classe di permeabilità sia conservata e nella prova di sicurezza la finestra non si sia rotta o aperta).

A queste prove se ne aggiungono altre che riproducono gli sforzi di manovra.

Resistenza agli urti

Il serramento deve possedere una sufficiente resistenza all'urto per poter sopportare

le reali condizioni di utilizzo. La resistenza all'urto è già controllata dopo le prove ripetute sui profili con cui è realizzata la finestra. Per quanto riguarda la sicurezza della finestra nel suo complesso è prevista la valutazione del suo comportamento agli urti nel caso che la traversa inferiore sia situata ad una altezza inferiore a 0,90 m. In tal caso il tamponamento della finestra deve resistere all'urto di 1.000 J, a meno che non sia prevista la presenza di una traversa di sicurezza fra 0,90 m e 1,10 m e resistente alla stessa forza d'urto.

Resistenza delle saldature

La prova di resistenza della saldatura angolare del profilo viene effettuata su una parte di telaio che contenga una saldatura a 90°. La resistenza viene misurata con prova di carico a trazione o a compressione (Fig. 24).

Dilatazioni termiche

La variazione della lunghezza di un profilato in funzione della temperatura è data da:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

dove:

- ΔL = variazione di lunghezza;
- α = coefficiente di dilatazione;
- L = lunghezza iniziale;
- ΔT = variazione di temperatura.

È interessante confrontare i valori di α per diversi materiali:

Legno	0,000004
Poltruso	0,000010
Ferro	0,000012
Alluminio	0,000024
PVC	0,000075

Mentre è molto importante sottolineare come il profilo in presenza di variazione differenziata di temperatura (ad esempio fra esterno ed interno) crei una inflessione regolata dalla seguente relazione:

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{a\Delta TL^2}{8a}$$

dove a = spessore profilo.

Ancoraggio delle cerniere

La rispondenza meccanica della finestra comporta anche il controllo di tutte le sue funzioni, quali i sistemi di chiusura/apertura, ribaltamento. Per queste funzioni dinamiche della finestra si deve avere la rispondenza degli accessori o ferramenta (maniglia, cerniere), assieme al relativo sistema di montaggio e alla stessa progettazione dei profili (ad esempio la ferramenta

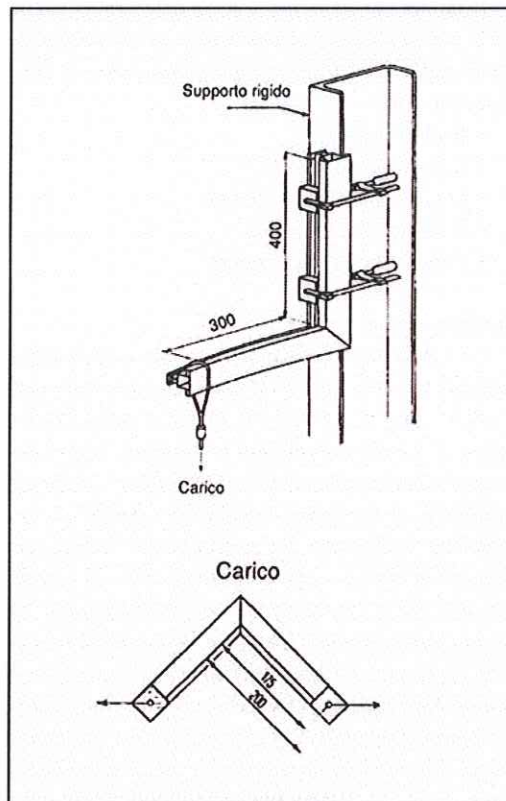


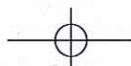
Fig. 24 - Metodi di prova di saldatura agli angoli

deve essere fissata su almeno due pareti del profilo ed eventualmente anche su rinforzi metallici interni).

Per questa valutazione vengono applicati sforzi di strappo sulle cerniere e sui perni in condizioni particolari per ogni tipo di finestra e vengono applicati carichi graduali di 5 daN sulle maniglie fino a 50 daN complessivi. In tali condizioni non si devono rilevare deformazioni permanenti che impediscano il regolare funzionamento della finestra. La resistenza allo strappo di un perno avvitato dipende dallo spessore della parete e dallo spessore complessivo, se sono interessate nell'avvitatura più pareti.

La resistenza cresce linearmente con lo spessore e l'inclinazione della retta dipende dalla resistenza del materiale supportante. In Fig. 25 è rappresentato l'andamento, in funzione dello spessore, della resistenza allo strappo di una avvitatura su PVC rigido.

Il dimensionamento delle pareti di un profilo di PVC rigido per assicurare resistenza allo strappo e



3. L'ISOLAMENTO TERMICO

- **L'isolamento termico**
- **Formule per il calcolo della trasmittanza termica**
 - Serramento singolo*
 - Doppio serramento e serramento combinato*
 - Trasmittanza termica di finestra con tapparella o schermi esterni chiusi*
 - Coefficienti globali di trasmissione termica dei telai*
- **La finestra: componente chiave per migliorare l'efficienza energetica degli edifici**
 - Classificazione dei serramenti*
 - Finestre e isolamento termico*
 - Consumo di energia*
 - Risparmio di energia*
- **Risparmio energetico e riduzione di CO₂ derivanti dall'utilizzo dei sistemi di oscuramento esterno**
 - Parametri per la simulazione*
 - Risultati ottenuti*
 - Considerazioni conclusive*

PVC

L'ISOLAMENTO TERMICO

L'entrata in vigore della legge "373", prima legge sull'isolamento termico, che fissa le norme per il contenimento del consumo energetico degli edifici, ha incrementato notevolmente gli studi sui serramenti, che sono i responsabili dei maggiori disperdimenti di calore dagli ambienti. Questi disperdimenti trovano tre vie principali:

- le infiltrazioni d'aria esterna, che deve venire riscaldata;
- la parte vetrata;
- il telaio.

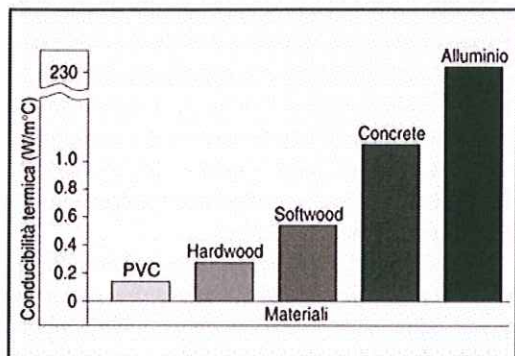
Ognuna di queste vie comporta problemi e sistemi di calcolo particolari.

Le caratteristiche di trasmissione termica dei materiali sono individuate da due grandezze: la conducibilità termica, (λ), e la trasmittanza termica globale (u). La conducibilità termica λ ha la dimensione di W/m K, vale a dire flusso energetico per unità di lunghezza e per grado di temperatura di differenza fra due punti di un corpo.

La trasmittanza termica o coefficiente di trasmissione termica globale u è riferita ad una lastra che separa due fluidi, ha la dimensione di W/m² K e fornisce la

Tabella 13

TRASMITTANZA TERMICA DI MATERIALI DIVERSI		
Materiali dei profili	Trasmittanza termica u (W/m ² K)	
Legno (spessore 60 mm)	1,5 - 1,6	
Alluminio senza taglio termico	5,2 - 5,8	
Alluminio con taglio termico	2,9 - 3,9	
PVC una camera	2,4	
PVC 2-3 camere	1,6 - 1,9	
Doppio vetro intercapedine aria 12 mm	3	
Doppio vetro con film selettivo	1,7 - 2,1	
Triplo vetro intercapedine d'aria 12 mm	2,1 - 2,2	
Vetro semplice	4,5	
CONDUCIBILITÀ TERMICA		
Materiali	Densità (kg/m ³)	Conducibilità termica λ (W/m K)
Calcestruzzo	2200	1,55
Laterizi	1400	0,40
Abete	450	0,10
Quercia	850	0,18
PVC	1400	0,16
Acciaio	7800	52,00
Alluminio	2700	220,00
Vetro	2500	1,00



Sopra sono riportati in grafico i valori di conducibilità termica di alcuni materiali più utilizzati in edilizia.

Il serramento si comporta come componente disperdente energia ma in condizioni particolari modifica questo comportamento per divenire un elemento che permette l'ingresso di energia solare.

In molte occasioni si è constatato come le finestre fossero di piccole dimensioni. Oggi non è più pensabile mantenere tale atteggiamento in quanto dalle analisi approfondite sul guadagno termico a causa della radiazione solare il rapporto opaco/trasparente può essere variato.

Uno schema di riferimento delle dispersioni è riportato in Fig. 27.

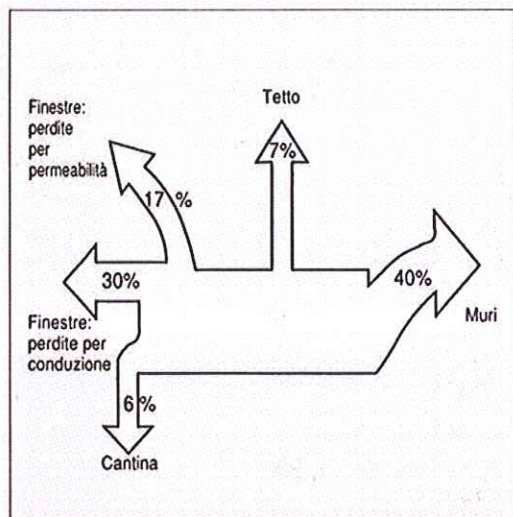


Fig. 27

Sono stati sviluppati anche dei procedimenti matematici per rilevare il guadagno termico che si ottiene tramite le finestre; in questi casi però si considera solamente il bilancio termico attraverso la finestra (Fig. 28), senza analizzare a fondo la trasmissione termica nell'interno della stanza e lo stato non stazionario della temperatura provocato dall'irradiazione solare all'interno della stessa.

Comunque è risultata la necessità di sottoporre ad un'analisi più precisa le condizioni limite esterne come, ad esempio, la temperatura dell'aria esterna e l'intensità della radiazione solare.

Per poter rilevare il bilancio termico di una finestra occorrono dati precisi sulla temperatura esterna e sull'intensità della radiazione solare. Nel fare ciò le variazioni della temperatura esterna non presentano particolari problemi per essere rilevate: esse sono disponibili in gran numero per varie stagioni in luoghi diversi. Viceversa, per quanto riguarda la radiazione solare ottenere dati circa l'intensità, dati differenziati secondo orientamento, stagioni e siti, diventa molto difficile.

I servizi meteorologici registrano valori in determinati luoghi e quasi sempre danno soltanto dei valori di radiazione su superfici orizzontali. Talora sono disponibili solamente dati sulla durata della luce del sole e la sua probabilità e non sulla effettiva quantità e intensità. Soltanto recentemente

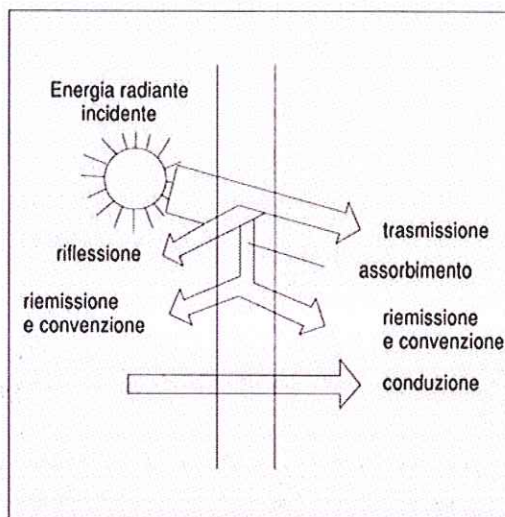


Fig. 28

te sono incominciate ad apparire delle pubblicazioni dove vengono riportate informazioni precise sulla quantità di radiazione e sulla probabilità statistica per determinate intensità.

L'effetto di diminuzione di radiazioni solari è dovuto a nuvole, foschia, ecc. ma vi sono anche altri elementi oscuranti che possono avere influenza, quali altre costruzioni, proiezioni dell'edificio, ecc. che contribuiscono a ridurre la radiazione: soprattutto nelle città ciò acquista un'importanza notevole. Infatti, proprio nelle città la riduzione dell'irraggiamento solare è più sentita nei mesi invernali in quanto la posizione del sole è relativamente bassa in questo periodo e quindi l'effetto di mascheramento degli edifici è più sentito. Ne consegue che la radiazione solare che colpisce le finestre è una frazione di quella che si avrebbe in condizioni di ambiente non costruito.

Agli effetti delle ricerche è necessario valutare quale è il valore dell'energia radiante che in definitiva penetra nel vano.

Basandosi sul diagramma base di Fig. 29 vari calcoli sono stati fatti stabilendo anzitutto le condizioni ambientali e cioè il tipo di costruzione, il tipo di muratura, la dimensione del vano, il tipo di arredamento, i vari materiali usati nell'arredamento.

Le nuove normative cercheranno di colmare questa grossa lacuna della "373" che dimenticava totalmente la componente radiativa.

La nuova Legge 10 con i relativi decreti attuativi permetterà ai progettisti di approfondire il dimensionamento e l'esposizione corretta del serramento in modo da realizzare edifici con funzionamento ottimizzato e realistico.

Il componente serramento, come per altri elementi costruttivi, viene identificato termicamente mediante il valore di trasmittanza termica "u". Questo dato può essere ricercato con metodi analitici e matematici più o meno approssimati ma può anche essere ottenuto sperimentalmente.

La particolarità più interessante è derivata dal poter posizionare un serramento di dimensioni reali in un telaio (Fig. 30) che viene successivamente introdotto in una attrezzatura denominata "Hot Box" (Fig. 31). Questa, con strumentazione appropriata, permette di misurare il flusso di calore che attraversa il componente in esame. Da questo valore è possibile ricavare il valore di trasmittanza termica.

La procedura descritta dovrebbe far riflettere il progettista che inserisce dati, nella maggioranza dei casi poco attendibili, nel dimensionamento energetico dell'edificio.

È quindi opportuno che il progettista richieda la fonte del dato fornito dai costruttori ed è oltremodo necessario che questi ultimi specificino la provenienza dei medesimi valori.

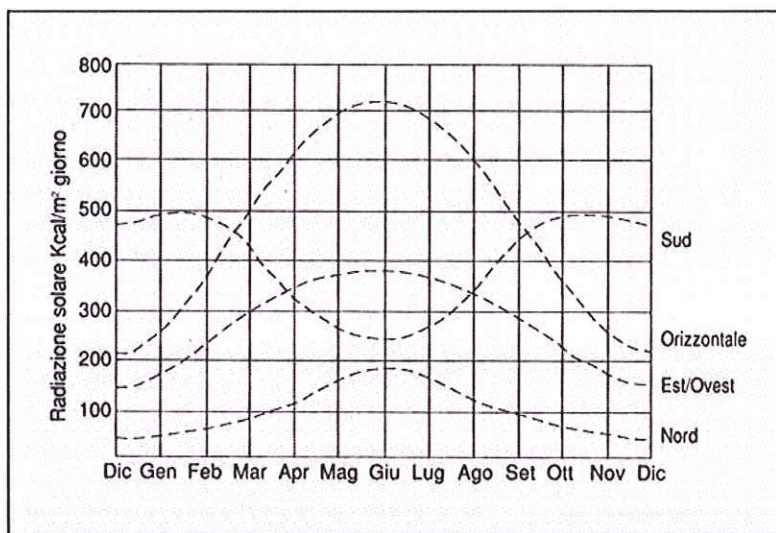


Fig. 29 - Valori della radiazione solare incidente su superfici esposte alla latitudine di 40° N

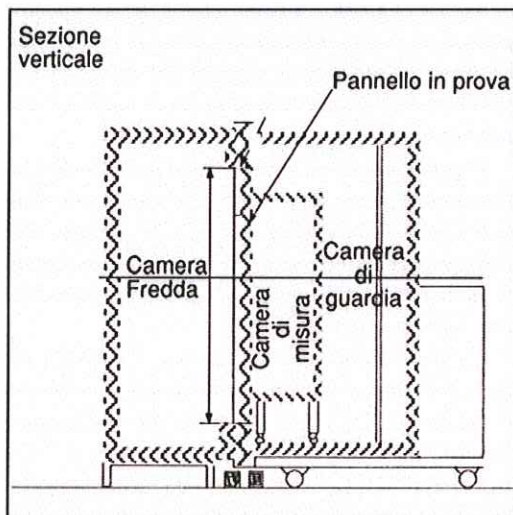


Fig. 31

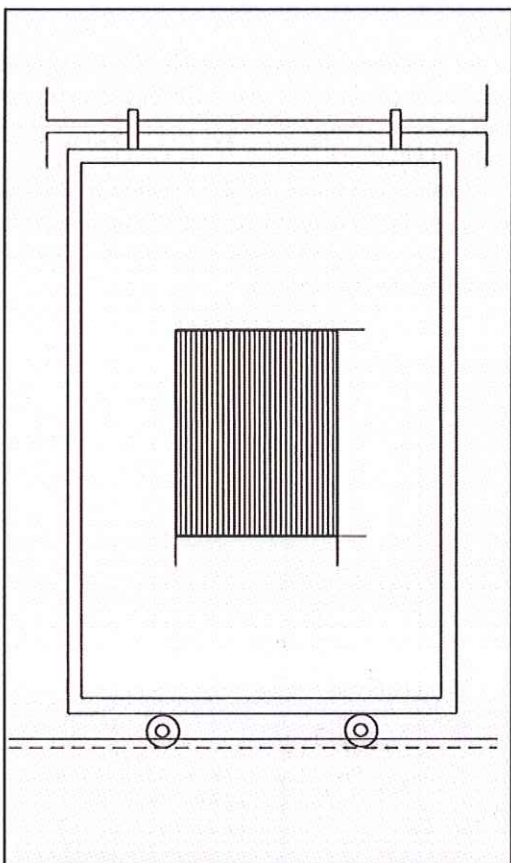


Fig. 30

Formule per il calcolo della trasmittanza termica: norma UNI EN 10077

Serramento singolo

La trasmittanza termica di un componente edilizio finestrato composto da un singolo serramento e relativo componente trasparente è data da:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + L_g \Psi_l}{A_g + A_f}$$

dove:

U_g è la trasmittanza termica dell'elemento vetrato;

U_f è la trasmittanza termica del telaio (si ricava dai dati dei prospetti IV, V e VI);

Ψ_l è la trasmittanza lineare, da considerare solo in presenza di più vetri, dovuta alla presenza del distanziatore posto tra i due vetri in corrispondenza del telaio

L_g è la lunghezza perimetrale della superficie vetrata;

A_g è l'area del vetro;

A_f è l'area del telaio.

Doppio serramento e serramento combinato

La trasmittanza termica U_w di serramenti composti da due telai separati (doppio serramento) o serramenti combinati (un telaio con doppio battente) è data da:

$$U_w = \left(\frac{1}{U'_{w1}} + \frac{1}{U'_{w2}} \right)^{-1}$$

dove:

U'_{w1} è la trasmittanza termica del componente esterno calcolata con la equazione [1], in cui U_g e U_f sono stati calcolati sostituendo metà della resistenza dello spazio racchiuso tra i due telai (o tra i due battenti) R_s alla resistenza termica superficiale interna R_i ;

U'_{w2} è la trasmittanza termica del componente interno calcolata con la equazione [1], in cui U_g e U_f sono stati calcolati sostituendo metà della resistenza dello spazio racchiuso tra i due telai (o tra i due battenti) R_s alla resistenza termica superficiale esterna R_e .

Trasmittanza termica di finestra con tapparella o schermi esterni chiusi

Se si installa una tapparella all'esterno del vetro si introduce una resistenza termica aggiuntiva dovuta

Tabella 15

Valori della resistenza termica addizionale, ΔR , per finestre dotate di chiusure chiuse				
Tipo di chiusura	Resistenza termica caratteristica della chiusura R_{s} $m^2 K/W$	Resistenze termiche addizionali per una specifica permeabilità all'aria delle chiusure ΔR $m^2 K/W$		
		Alta permeabilità all'aria	Media permeabilità all'aria	Bassa permeabilità all'aria
Chiusure avvolgibili in alluminio	0,01	0,09	0,12	0,15
Chiusure avvolgibili in legno e plastica senza riempimento in schiuma	0,10	0,12	0,16	0,22
Chiusure avvolgibili in plastica con riempimento in schiuma	0,15	0,13	0,19	0,26
Chiusure in legno da 25 mm a 30 mm di spessore	0,20	0,14	0,22	0,30

alla cavità formata tra la tapparella ed il vetro e la resistenza termica dovuta alla tapparella stessa.

La trasmittanza termica U_{ws} complessiva è data da:

$$U_{ws} = \left(\frac{1}{U_w} + \Delta R \right)^{-1}$$

dove:

U_w è la trasmittanza termica della struttura vetrata determinata con le equazioni sopra scritte; ΔR è la resistenza termica aggiuntiva.

Il valore di ΔR è riferito alle due seguenti configurazioni:

a) tapparelle o schermi ad alta permeabilità all'aria;

b) tapparelle o schermi con media permeabilità all'aria.

Coefficienti globali di trasmissione termica dei telai

I valori riportati nei prospetti seguenti fanno riferimento a superfici verticali e sono espressi in Watt al metro quadro per Kelvin (W/m^2K).

Tabella 17

Coefficienti globali di trasmittanza termica di telai di legno U_l per legno duro	
d mm	U_l W/m^2K
40	2,50
50	2,30
70	2,10
100	1,70
	1,10

Per i profili metallici in alluminio senza taglio termico $\mu = 5,9 W/m^2K$. I profili a taglio termico presentano il valore di trasmittanza termica in funzione dello spessore del taglio termico.

Tabella 16

Coefficienti globali di trasmittanza termica di telai in plastica con rinforzi metallici U_l		
Materiale del telaio	Tipo di telaio	U_l W/m^2K
Poliuretano	- con anima di metallo	2,8
PVC - profilo vuoto	- con due camere - con tre camere	2,2 2,0

La finestra: componente chiave per migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

Il mercato europeo del serramento 2006 è suddiviso in modo da ottenere la suddivisione secondo il materiale utilizzato per realizzare il telaio fisso e mobile:

- 45% PVC
- 28% legno
- 25% alluminio

Il mercato del serramento in PVC nelle principali nazioni è il seguente:

- 80% Inghilterra
- 50% Germania/Francia/Austria
- 22% Spagna/Turchia
- 15% Italia

Mercato europeo serramenti 2006:

82 milioni di finestre/anno

(valore espresso in WU = windows unit pari a $1,3 \times 1,3 = 1,69 \text{ m}^2$)

Sostituendo i serramenti esistenti in Europa di bassa efficienza con elevata efficienza energetica si otterrebbe un risparmio (stima):

40.000 Kwh risparmiati
8,60 milioni di tonnellate di CO₂

Studio condotto dall'Istituto Hermes per Eppa e PVCplus.

Finestre e isolamento termico

La norma europea EN 10077 - 1 definisce i parametri necessari per il calcolo della trasmittanza termica di un componente quale il serramento, mediante la relazione:

$$U_w = (A_f U_f + A_g U_g + I_g \Psi_g) / A_w$$

U_w = trasmittanza termica finestra (W/m²K)
 A_f = superficie visibile telaio incluso spessori 'disperdenti' (m²)
 U_f = trasmittanza termica telaio (W/m²K)
 A_g = superficie visibile della vetratura (m²)
 U_g = trasmittanza termica vetratura (W/m²K)
 I_g = perimetro della vetratura (m)
 Ψ_g = trasmittanza termica lineare del perimetro vetratura (W/mK)
 A_w = area totale serramento (m²)

Un interessante esercizio di verifica di quanto incide la trasmittanza termica del telaio rispetto al vetro in funzione della superficie dell'intera finestra è la seguente:

Tabella 18

Dimensione (mm)	Area (m ²)	Rapporto in % telaio/vetro	Perimetro vetro (m)	U _w (W/m ² K)	
				Canaletta All.	Canaletta Inox
800 x 500	0,40	66/34	1,60	1,69	1,59
1230 x 1480	1,82	34/66	4,42	1,43	1,37
2250 x 2650	5,96	20/80	8,80	1,30	1,26

Classificazione serramenti

In seguito alle esperienze ed alle proposte della direttiva europea sull'efficienza energetica degli edifici 2002/91 ed al progetto di norma pr EN 15217, viene proposta una classificazione dei serramenti esterni in base al valore di trasmittanza termica:

CLASSE A $U_w \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CLASSE B $U_w \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

CLASSE C $U_w \leq 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
 CLASSE D $U_w \leq 5,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

Per i calcoli effettuati vengono considerate 4 tipologie. I serramenti sono definiti in base al valore di trasmittanza termica presentata con i seguenti parametri:

dimensione:
 unità standard $U_w = 1,30 \times 1,30 \text{ m} = 1,69 \text{ m}^2$

Tabella 19

CLASSE	TIPOLOGIA	U_w	U_f	U_g	Ψ_g
A	Buon isolamento	1,2	1,2	1,1	0,040
B	Isolamento medio	1,7	1,6	1,5	0,080
C	Basso isolamento	3,0	2,4	3,3	0
D	Isolamento molto basso	4,6	2,4	5,7	0

Consumo di energia

La perdita di energia attraverso un serramento riferito all'unità WU di 1,69 m² è approssimata dalla relazione:

$$Q_{wu} = 84 \cdot U_w \cdot A_w \text{ KWh/anno}$$

Questa relazione tiene conto di zone con gradi giorno relativi alla fascia climatica media europea.

Il fattore '84' può variare in funzione della latitudine:

zone marine 50

zone alpine 110

Nel caso si volesse esprimere l'energia consumata in altre unità di misura di utilizzo tradizionale valgono le seguenti conversioni:

10 Kwh/anno = 1 litro petrolio

10 Kwh/anno = 1 m³ gas naturale

1 litro petrolio = 2,7 Kg CO₂

1 m³ gas naturale = 1,1 Kg CO₂

possono essere calcolati i seguenti dati:

(serramento pari a 1 WU = 1,69 m²)

Tabella 20

Finestra di 1WU	QWU KWh/anno	Consumo litri gasolio	CO ₂ (Kg)
CLASSE A	170	17	46
CLASSE B	241	24	65
CLASSE C	426	43	115
CLASSE D	653	65	176

Per 1 milione di WU

Tabella 21

	Giga Wh/anno	Milione l	Ton CO ₂
CLASSE A	170	17	46000
CLASSE B	241	24	65000
CLASSE C	426	43	115000
CLASSE D	653	65	176000

Utilizzando gas naturale per 1 milione di WU:

Tabella 22

	Giga Wh/anno	Milione m ³	Ton CO ₂
CLASSE A	170	17	19000
CLASSE B	241	24	27000
CLASSE C	426	43	47000
CLASSE D	653	65	72000

Risparmio di energia

Devono essere stimati alcuni parametri utili per il calcolo del risparmio potenziale di energia in seguito all'ipotesi di sostituire i serramenti esistenti con altri di classe superiore.

Tabella 23

	Europa dei 27
Popolazione	747.000.000
Numero totale di WU	82 milioni

1° caso: minimo risparmio

Sostituzione di serramento Classe B con Classe C.

Calcolo riferito a 82 milioni di WU con una ripartizione media europea di fonti energetiche per riscaldamento pari a 2/3 petrolio e 1/3 gas naturale.

Tabella 24

	Consumo petrolio Milioni l	CO ₂ MegaTon	Consumo gas Milioni m ³	CO ₂ MegaTon
CLASSE B	1320	3,575	648	0,729
CLASSE C	2365	6,325	1191	1,269
$\Delta = C-B$	1045	2,75	513	0,54

Risparmio

2° caso: massimo risparmio

1) gasolio + gas = 1558
= 15580 milioni di KWh/ anno

Sostituisce il serramento di Classe D con Classe A
Calcolo riferito a 82 milioni di WU con una ripartizione media europea di fonti energetiche per riscaldamento pari a 2/3 petrolio e 1/3 gas naturale.

2) 3,29 mega tonnellate di CO₂

Tabella 25

	Consumo petrolio Milioni l	CO ₂ MegaTon	Consumo gas Milioni m ³	CO ₂ MegaTon
CLASSE A	935	2,53	459	0,513
CLASSE D	3575	9,68	1755	1,944
$\Delta = D-A$	2640	7,15	1296	1,43

Risparmio:

Nota:

1) gasolio + gas = 3936
= 3960 milioni di KWh/ anno

Il serramento combinato con il sistema di oscurante ad avvolgibile con cassonetto crea un'intercapedine d'aria che permette di ottenere i seguenti vantaggi di isolamento termico:

2) 8,58 mega tonnellate di CO₂

- il valore di U globale migliore del 25%
- il valore di U globale per le ore notturne scende sotto il valore 1 W/m²K per serramenti di Classe A senza costi eccessivi.

Risparmio energetico e riduzione di CO₂ derivanti dall'utilizzo dei sistemi di oscuramento esterno

Gli oscuranti esterni riducono la richiesta di energia in due modi:

- inverno: mediante la resistenza termica aggiuntiva aumenta l'isolamento termico (oscuranti in posizione chiusa);
- estate: mediante la riduzione della radiazione solare incidente.

L'energia consumata e la relativa CO₂ emessa sono quantificate mediante sistemi di modellazione

e di simulazione che vengono eseguite con l'ausilio delle norme ISO disponibili mediante i programmi CAPSOL/PHYSIBEL/2002.

Parametri per la simulazione

Ogni edificio rappresenta un caso unico da analizzare singolarmente, ma gli effetti dei sistemi oscuranti possono essere considerati di generale applicazione considerando variabili solo i parametri di influenza macroscopica:

- 1) stanza di dimensioni 5 x 5 x 3 m
- 2) differenti situazioni: Fig. 32

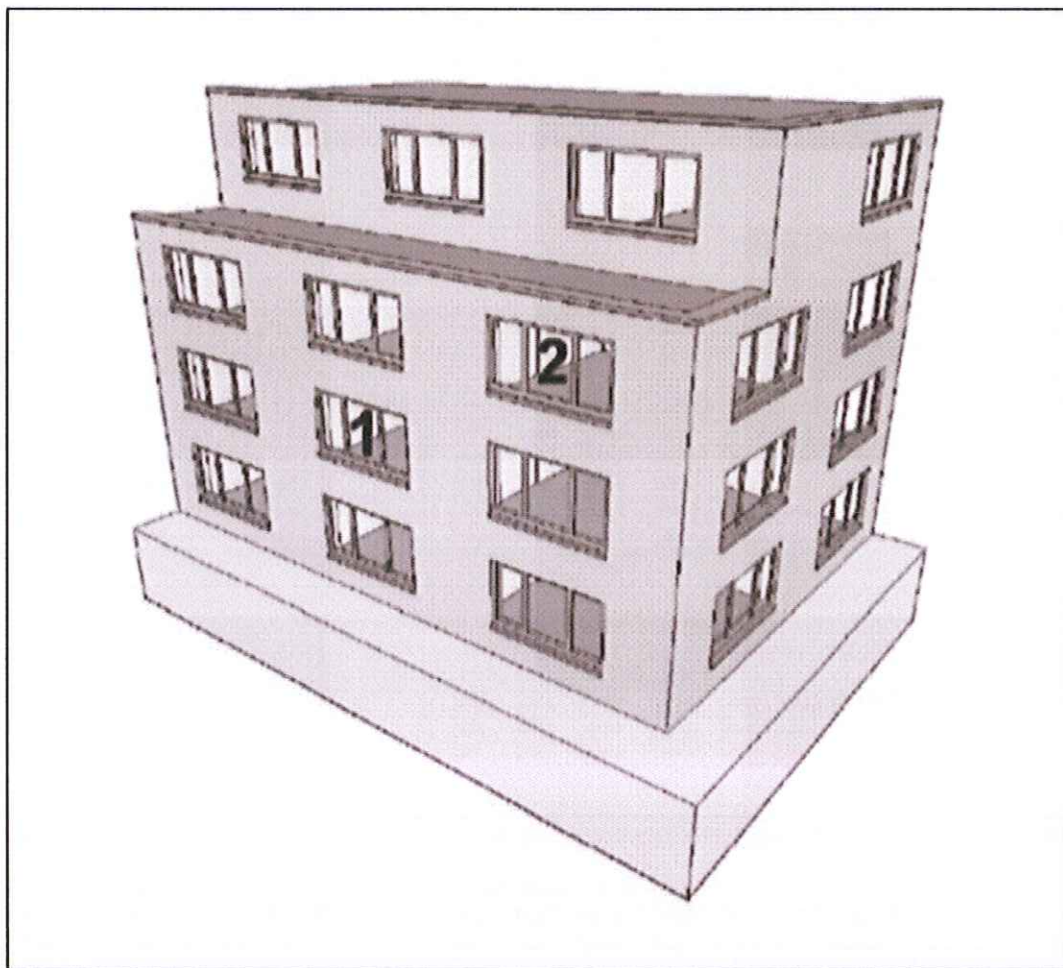


Fig. 32

B1: stanza con 1 facciata esterna, 3 pareti interne, pavimento e soffitto

B2: stanza con 2 facciate esterne, 2 pareti interne, pavimento e soffitto.

L'edificio è considerato realizzato con materiali tradizionali con caratteristiche:

Finestre = 4.5 m² (18% dell'area del pavimento)

2) Previsti due orientamenti:

SW: 1° facciata NW: 2° facciata

NE: 1° facciata SE: 2° facciata

3) Due profili di utilizzo di consumo energetico:

u1 = 5 w/m² 8:00 ÷ 22:00 residenziale

u2 = 25 w/m² 9:00 ÷ 18:00 ufficio

cavity_wall_1.CWT																	
side1 => side2																	
No	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	Nu [-]	h _{rb} [W/m ² K]	rs [-]	side 1			side 2		
												α1r [-]	ρ1s [-]	α1s [-]	α2r [-]	ρ2s [-]	α2s [-]
1	brickwork_1800	NORMAL		0.09	0.500	0.100	1800	850	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.05	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	brickwork_1200	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
d _{tot} =0.305 m, R _{tot} =2.155 m ² K/W with [h1=25.0 W/m ² K, h2=7.7 W/m ² K] U=0.43 W/m ² K, g=0.00																	
half_wall_1.CWT																	
side1 => side2																	
No	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	Nu [-]	h _{rb} [W/m ² K]	rs [-]	side 1			side 2		
												α1r [-]	ρ1s [-]	α1s [-]	α2r [-]	ρ2s [-]	α2s [-]
1	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.90	0.70	0.30	0.00	0.00	1.00
2	brickwork_1200	NORMAL		0.07	0.450	0.156	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.00	1.00
d _{tot} =0.035 m, R _{tot} =0.106 m ² K/W with [h1=25.0 W/m ² K, h2=7.7 W/m ² K] U=2.51 W/m ² K, g=0.00																	
flat_roof_1.CWT																	
side1 => side2																	
No	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	Nu [-]	h _{rb} [W/m ² K]	rs [-]	side 1			side 2		
												α1r [-]	ρ1s [-]	α1s [-]	α2r [-]	ρ2s [-]	α2s [-]
1	bitumen	NORMAL		0.015	0.200	0.075	1000	1700	-	-	0	0.90	0.10	0.90	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.05	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	vaults	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
5	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
d _{tot} =0.280 m, R _{tot} =2.169 m ² K/W with [h1=25.0 W/m ² K, h2=7.7 W/m ² K] U=0.42 W/m ² K, g=0.00																	
half_floor_1.CWT																	
side1 => side2																	
No	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	Nu [-]	h _{rb} [W/m ² K]	rs [-]	side 1			side 2		
												α1r [-]	ρ1s [-]	α1s [-]	α2r [-]	ρ2s [-]	α2s [-]
1	hard limestone	NORMAL		0.015	2.100	0.007	2350	840	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	vaults	NORMAL		0.04	0.450	0.089	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
d _{tot} =0.105 m, R _{tot} =0.155 m ² K/W with [h1=25.0 W/m ² K, h2=7.7 W/m ² K] U=3.05 W/m ² K, g=0.00																	
half_ceiling_1.CWT																	
side1 => side2																	
No	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	Nu [-]	h _{rb} [W/m ² K]	rs [-]	side 1			side 2		
												α1r [-]	ρ1s [-]	α1s [-]	α2r [-]	ρ2s [-]	α2s [-]
1	vaults	NORMAL		0.1	0.450	0.222	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
2	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
d _{tot} =0.115 m, R _{tot} =0.252 m ² K/W with [h1=25.0 W/m ² K, h2=7.7 W/m ² K] U=2.37 W/m ² K, g=0.00																	

- 4) Due profili finestra:
 W1 per $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ fattore solare $g = 0,63$
 W2 per $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ fattore solare $g = 0,63$

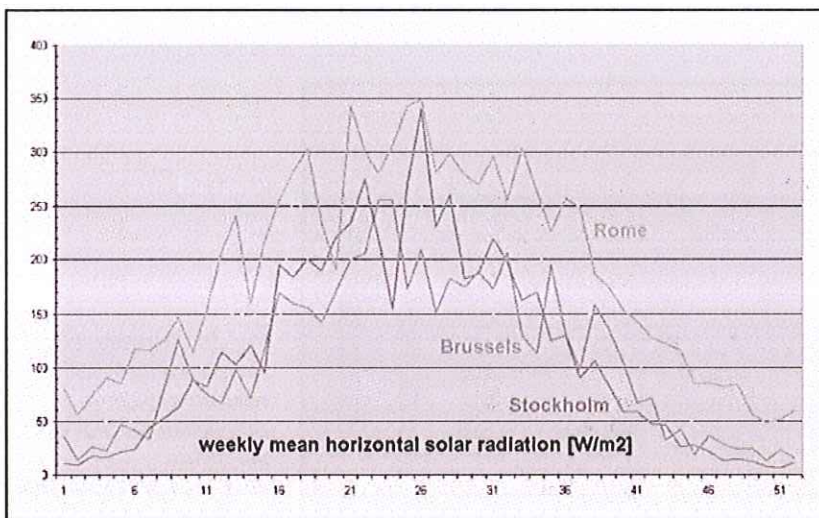
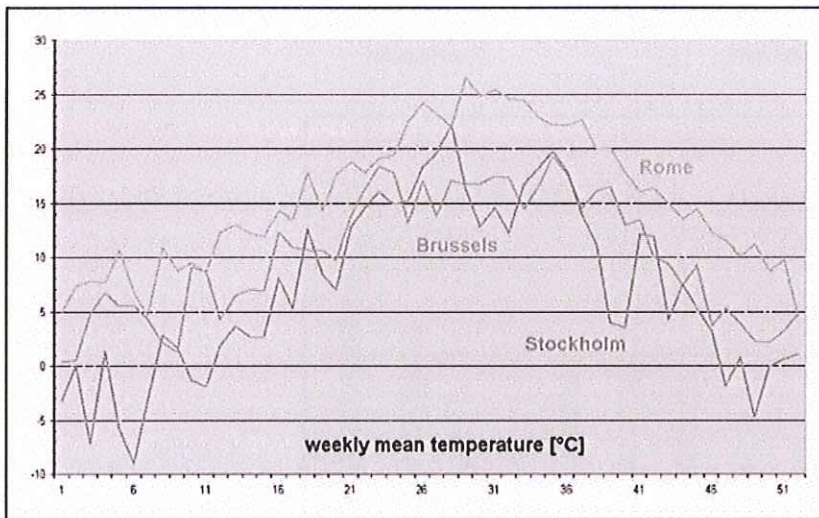
- 5) Due tipi di protezione esterna oscurante
 BH: con elevata permeabilità aria
 BL: con bassa permeabilità aria
 (Permeabilità aria oscuranti secondo EN 10077 - 1)

- 6) Due posizioni di oscurante
 BE: esterna (persiane o avvolgibili)
 BI: interna (tende)

Il valore di trasmittanza termica con oscurante chiuso è derivata da:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R}$$

U_w = trasmittanza termica serramento
 ΔR = resistenza addizionale con i seguenti valori:
 $\Delta R = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$ persiane con permeabilità aria molto elevata
 $\Delta R = 0,40 \text{ m}^2\text{K/W}$ avvolgibile con permeabilità aria bassa



7) Vengono considerati in 4 climi differenti:

- BRU = Brussels
- BUD = Budapest
- ROM = Roma
- STO = Stoccolma

Temperatura e radiazione solare sono riportati in Figg. 33 e 34.

8) Controllo della temperatura

Per realizzare il comfort termico all'interno degli edifici è necessario realizzare un opportuno controllo della temperatura mediante riscaldamento, raffreddamento e ventilazione degli ambienti.

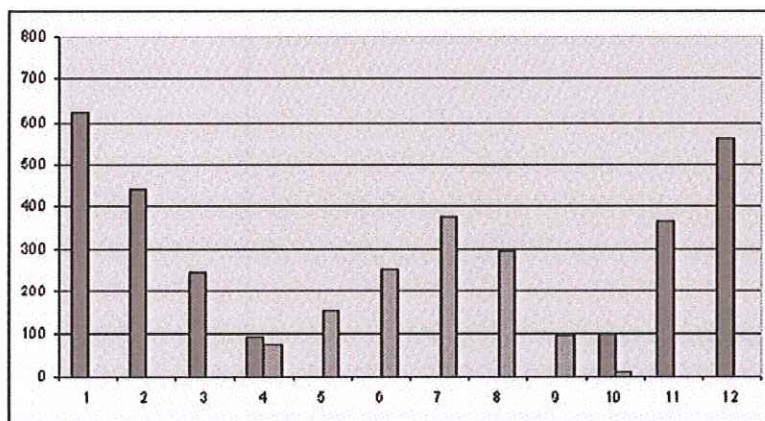
20 °C inverno – 10 °C inverno periodi di non utilizzo locali

24 °C estate – 30 °C estate periodi di non utilizzo locali

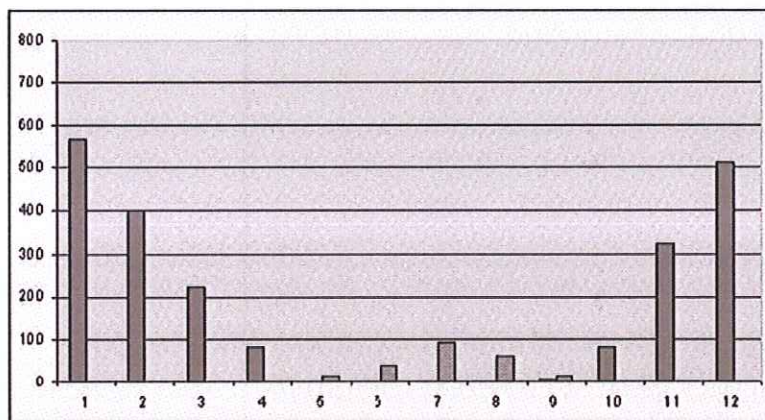
Risultati ottenuti

La simulazione dell'energia richiesta per climatizzare la camera ipotizzata nel periodo invernale ed estivo viene calcolata per le seguenti combinazioni possibili:

- 2 stanze
- 2 orientamenti
- 2 profili di utilizzo
- 2 serramenti



Senza oscuranti



Con oscuranti

Fig. 35 - Richiesta di energia media mensile riscaldamento / raffreddamento in KWH per il caso B1/SW/U1/W2/BH/BE/BRU

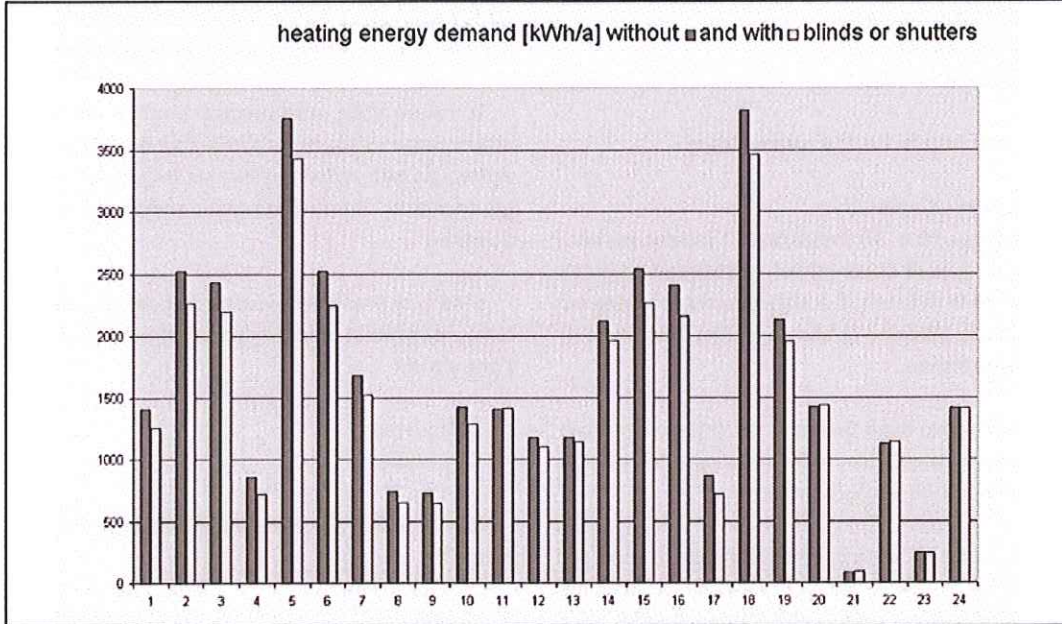


Fig. 36 - Domanda di energia per riscaldamento

con oscurante senza oscurante

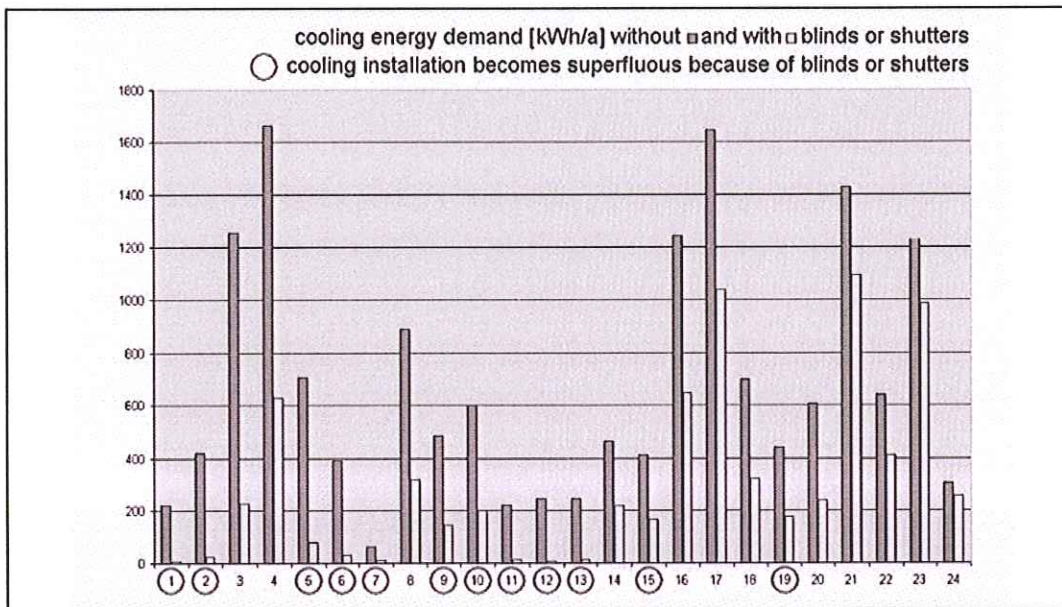


Fig. 37 - Domanda di energia per raffreddamento

con oscurante senza oscurante

2 tipologie oscuranti
2 posizioni oscuranti
4 climi

$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 4 = 256$ combinazioni

Considerazioni conclusive

Le Figg. 36 e 37 evidenziano l'aspetto positivo della presenza di oscuranti nel raffrescamento: in 12 casi su 24 la richiesta di condizionamento è talmente piccola che permette di non accendere l'impianto di condizionamento.

Il contributo degli oscuranti nel periodo invernale può essere quantificato nella riduzione del 10% di energia richiesta per riscaldamento.

I maggiori effetti nel condizionamento sono per esposizione a SW a Roma e a Budapest mediante l'uso di oscuranti esterni con diminuzione di circa

40 KWh/m² anno. Effetti minori ma sempre considerevoli vengono ottenuti anche in esposizione NW.

Il valore della trasmittanza termica del serramento non è influente sull'efficacia degli oscuranti esterni sia nel periodo estivo sia invernale, ovvero gli oscuranti esterni producono sempre un effetto positivo.

L'utilizzo di oscuranti esterni, nel clima medio italiano, permette di ottenere una riduzione globale dell'energia del:

10% inverno
30% estate

con una riduzione globale di CO₂ per m₂ di pavimento di:

31 Mt/a inverno
80 Mt/a estate

4. L'ISOLAMENTO ACUSTICO

- **L'isolamento acustico**
- **La normativa italiana sull'inquinamento acustico**
Sintesi del DCPM 05/12/97
Osservazioni in merito al DCPM 05/12/97

PVC

L'ISOLAMENTO ACUSTICO

La proprietà di ostacolare la trasmissione di energia sonora di un divisorio fra due ambienti viene definita più propriamente col termine di "potere fonoisolante" (R) espresso in decibel (dB) e corrispondente al logaritmo decimale del rapporto fra energia incidente e trasmessa (Fig. 38). Il potere fonoisolante di una finestra dipende dalla natura del materiale, dalla tecnologia di assemblaggio dei profili, dalle guarnizioni, dal tipo di fissaggio alla muratura, ecc.

Sotto il profilo acustico la funzione dei serramenti esterni è di assicurare all'interno del locale un comfort adeguato. A tal fine la classe di prestazione dovrà essere correlata con il clima di rumore esterno della zona per cui il serramento è destinato. Si rende pertanto necessario stabilire limiti di livello sonoro di normale tollerabilità per i locali in base alla loro destinazione e definire una suddivisione del territorio in zone di rumore, in base al livello sonoro equivalente che normalmente si verifica.

Per tutti i casi in cui il rumore esterno è dovuto in modo preminente a cause diverse dal traffico autoveicolare (traffico ferroviario o aereo, insediamenti industriali, ecc.) il livello equivalente che classifica la zona dovrà essere determinato sperimentalmente. I criteri riportati sono di carattere indicativo: si riferiscono a situazioni ampiamente generalizzate e non tengono conto quindi di tutte le possibili cause che possono influire nei singoli casi sulle modalità di propagazione sonora fra la sorgente e il punto d'ascolto. Si elencano fra queste le più importanti, per le quali si rende necessario di volta in volta uno studio particolare.

Per la propagazione all'esterno:

- distanza della sorgente;
- altezza del locale rispetto al piano stradale;

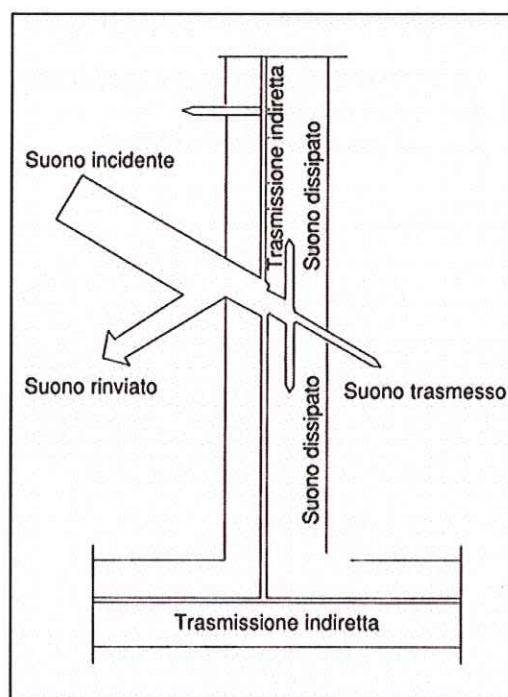


Fig. 38

- orientamento dell'edificio rispetto alla sorgente;
- presenza di ostacoli naturali e artificiali (alberi, siepi, parapetti, ecc.).

Per la propagazione all'interno del locale:

- superficie del serramento;
- volume del locale;
- assorbimento acustico del locale.

Per un riscontro pratico si possono definire come segue i poteri fonoisolanti di alcune tipologie di finestre e per confronto di alcuni elementi separatori (Tab. 26).

Tabella 26 - Potere fonoisolante (dB) di elementi e sistemi di finestre diversi

Finestra senza tenuta e vetratura semplice	25
Finestra con doppio vetro, guarnizioni addizionali e vetratura di medio spessore	30
Finestra con guarnizioni speciali, distanza fra i vetri minore di 60 mm e vetro spesso	40
Cristallo spessore 3 mm	25
Cristallo spessore 6 mm	30
Cristallo spessore 12 mm	35
Parete di mattoni spessore 16 cm con intonaco	50
Parete in cls spessore 18 cm	50

Il contributo al potere fonoisolante della parte trasparente di un serramento è agevole da valutare; la parte opaca invece, presentando una geometria più complessa, si può valutare con maggiore incertezza. Su basi intuitive al comportamento acustico di un serramento contribuiranno le caratteristiche di trasmissione del rumore dei materiali costituenti il telaio: i materiali metallici, essendo più rigidi, trasmettono meglio il rumore di altri come il legno o il PVC che presentano moduli elastici inferiori. Il legno stesso varia di comportamento rispetto all'assorbimento sonoro a seconda del tipo di essenza di cui è costituito. Per completezza riportiamo in tabella 27 e 28 alcuni dati di uso corrente per i livelli sonori ammissibili in alcuni locali e per confronto i livelli delle sorgenti di rumore più usuali.

Tabella 27 - Livelli sonori ammissibili per varie destinazioni (in dBA)

Grandi aule per conferenze, lezioni, ecc.	30
Camere da letto in zone urbane	35
Soggiorni in zone di campagna	40
Soggiorni in zone suburbane	45
Soggiorni in zone urbane	50
Aule scolastiche	45
Uffici privati (singoli)	45/50
Ufficio generali (numerosi impiegati)	55/60

Tabella 28 - Valore dei livelli sonori

Sorgente	Livello sonoro in dB
Soglia di udibilità a 1000 Hz	0
Fruscio di foglie Studio radiofonico-televisivo	20
Media conversazione	40
Strada a scarsa circolazione	60
Strada a elevata circolazione	80
Officine rumorose	90
Radio ad alto volume	
Clackson di automobile	100
Motore di jet Soglia del dolore	120

Nella pratica comune è tradizione in alcune zone geografiche installare i cosiddetti doppi vetri sui serramenti esterni.

L'installazione che viene motivata per ragioni energetiche influisce anche sul comportamento acustico, di cui la Fig. 39 è un esempio.

Gli andamenti riportati sono di estremo interesse per capire come a parità di spessore dei vetri sia importante la loro mutua distanza per incrementare l'isolamento acustico e implicitamente anche quello termico.

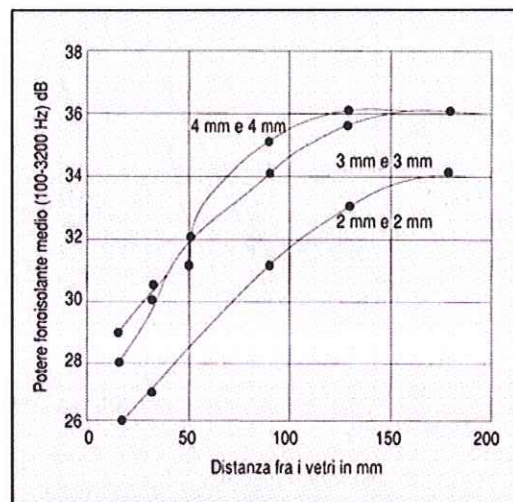


Fig. 39 - Variazione del potere fonoisolante medio con lo spaziodi separazione (Brandt)

Il potere fonoisolante di un divisorio è anche funzione dell'angolo secondo il quale le onde sonore incidono sulla sua superficie.

Per i comuni divisori interni la geometria dei locali, la posizione degli arredi e quella delle sorgenti sonore, creano di norma una situazione di campo sonoro diffuso per cui, agli effetti della direzione di provenienza, l'incidenza delle onde sonore è di tipo casuale; in altri termini ogni angolo è equiprobabile. Per i divisori esterni e in particolare per le finestre questa ipotesi non è più verificabile: l'altezza dal suolo, l'orientamento rispetto alle sorgenti sonore, la conformazione dell'ambiente esterno, fanno sì che a volte si possano avere angoli d'incidenza "discreti" per cui il potere fonoisolante può subire modificazioni anche sensibili. In Fig. 40 sono riportati tre andamenti di potere fonoisolante di serramento colpito con suono a differente angolo di incidenza.

Come noto, la grandezza che definisce in termini quantitativi il comportamento di una finestra rispetto alle infiltrazioni è la permeabilità all'aria ed è rilevabile in laboratorio con metodi normalizzati. Risultano

determinanti, ai fini della permeabilità, in primo luogo le modalità di accoppiamento fra parti fisse e parti mobili del telaio e le modalità di scorrimento e alloggiamento dell'eventuale avvolgibile; in misura generalmente minore concorrono inoltre le modalità di fissaggio del controtelaio alla muratura e della lastra al telaio. Secondo i criteri dell'UEAtc e Uni sono stabilite tre classi di prestazioni all'aria.

Recenti studi hanno mostrato una stretta correlazione fra permeabilità e potere fonoisolante; si è accertato in definitiva che, affinché una finestra offra un potere fonoisolante pari a quello dovuto alla sola lastra di vetro (o comunque entro 2 dB), deve appartenere alla classe di permeabilità A3; con la classe A2 si hanno perdite fino a 5 dB; con la classe A1 le perdite possono raggiungere gli 8 dB.

In Fig. 41 è riportato come esempio il potere fonoisolante di due serramenti aventi permeabilità all'aria di classe A3 e A1. È visibile la reale differenza di comportamento che induce a considerare nella progettazione il locale dove la finestra verrà installata e la zona di rumore esterna esistente.

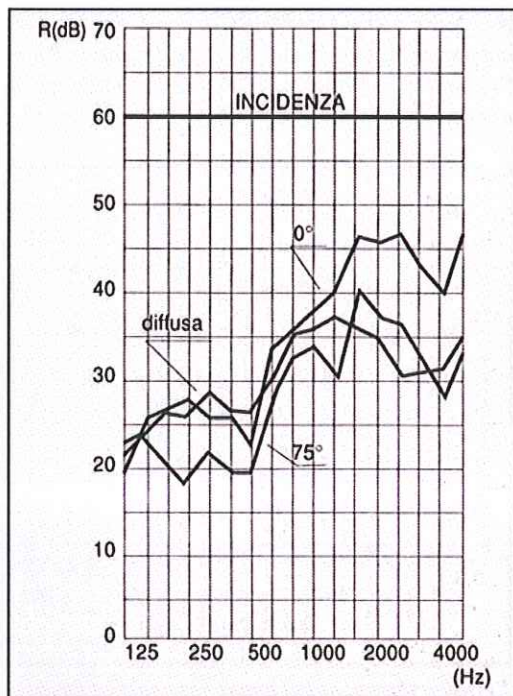


Fig. 40

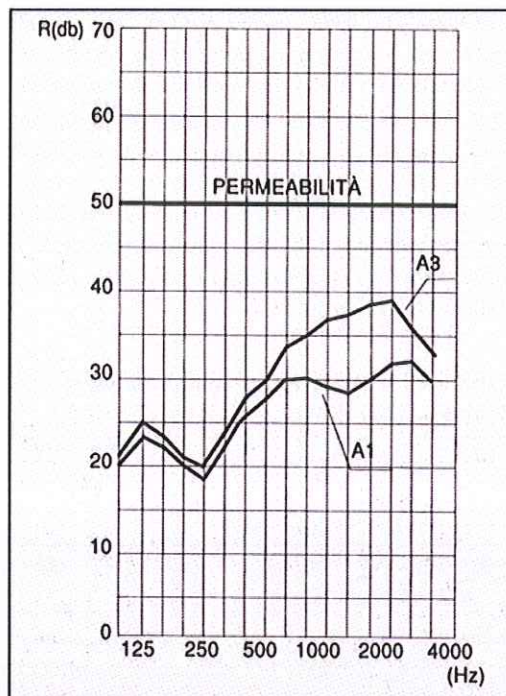


Fig. 41

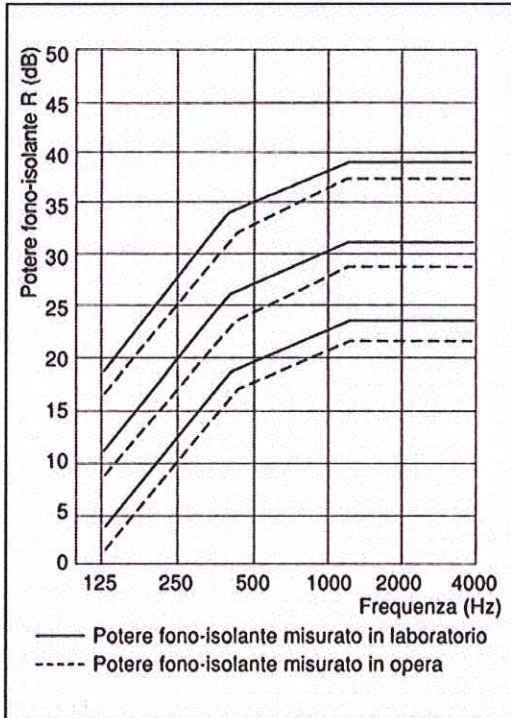


Fig. 42

Sperimentalmente il valore di isolamento acustico può essere ricavato secondo una procedura riconosciuta a livello internazionale che permette di classificare il serramento secondo le tre classi R1, R2, R3 mediante la curva di riferimento riportata in Fig. 42.

La procedura di laboratorio (Fig. 43) prevede che il campione sia posto nel divisorio fra una camera disturbante e una ricevente. La misura e la relativa differenza dei valori di rumorosità permette di ottenere l'indice R ricercato.

Nel tessuto urbano i serramenti devono svolgere un ruolo molto particolare.

Centri abitati sottintendono flussi veicolari elevati combinati con pavimentazioni a volte rumorose. La vicinanza degli edifici implica invece una distribuzione della rumorosità in funzione di alcuni parametri geometrici riportati in Fig. 44. Lo spettro e l'intensità di una rumorosità cittadina dovuta a veicoli è riportata in Fig. 45 e tabella 29, mentre il livello e la distribuzione del suono permettono di ottimizzare l'isolamento acustico del serramento.

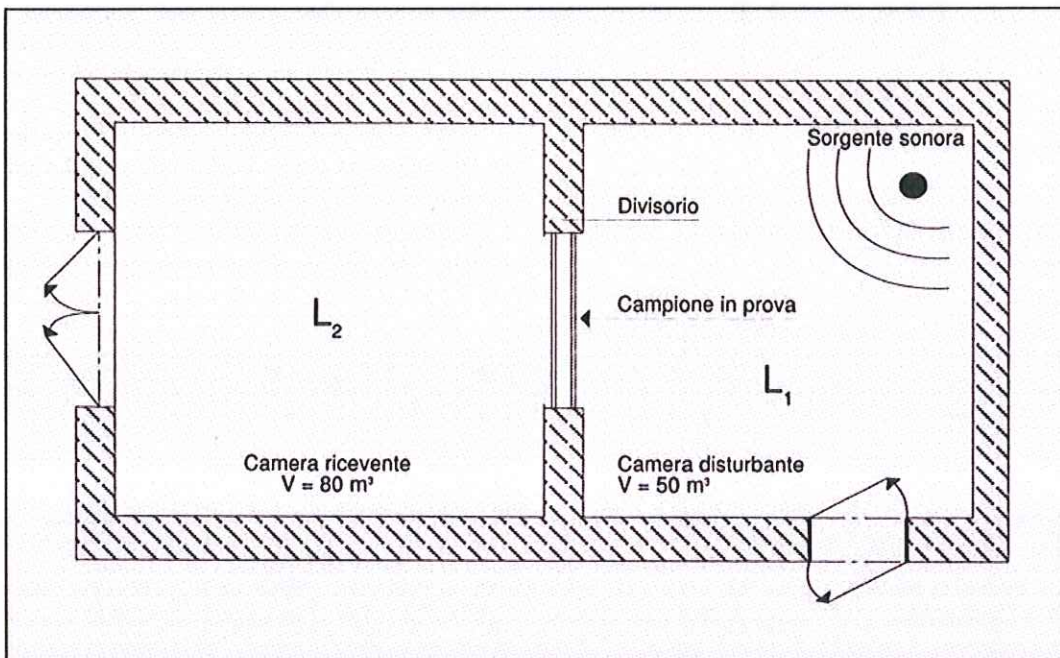


Fig. 43 - Ambienti di misura: il campione da caratterizzare è collocato nel divisorio

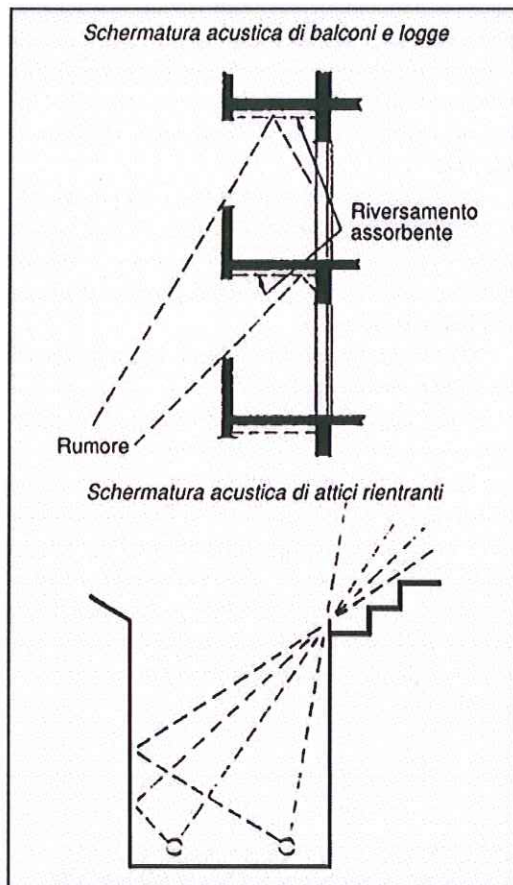


Fig. 44

Un esempio della rumorosità esistente in località diverse nel periodo diurno e notturno è riportata in tabella 30.

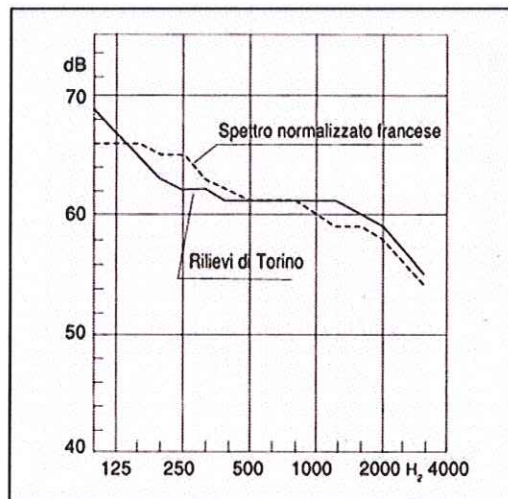


Fig. 45

Quanto esposto permette di introdurre l'inesauribile problematica delle emissioni sonore legate alla urbanizzazione e ai livelli di rumorosità degli ambienti interni.

L'ultimo strumento che ne permette un'analisi approfondita è il DPCM del 01/03/91.

Questo coinvolge la sfera delle prestazioni e delle emissioni acustiche negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Analizzandolo nelle parti essenziali si sottolineano alcuni aspetti:

- 1) Definizione dei limiti massimi di esposizione alle emissioni sonore negli ambienti di lavoro, in quelli abitativi e nell'ambiente esterno.
- 2) Elaborazione da parte dei Comuni dei limiti massimi dei livelli. Vengono consigliati alcuni

Tabella 29 - Traffico giornaliero medio (dati ANAS)

	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h
Ciclomotori	221	150	58	34
Autovetture	3.629	3.934	3.268	3.287
Autocarri min. 30 ql	407	271	512	327
Autocarri 30 ql	296	202	415	353
Autocarri mag. 30 ql.	62	146	311	143
Autocarri con rimorchio	9	57	185	91
Trattori-rimorchio	109	41	52	38
Autobus	0	11	18	1
Trasporti eccezionali	62	14	43	0

valori in via transitoria (tabella 31) in aspettativa di giungere ai valori prescritti (tabella 32).

3) Oltre ai limiti massimi sono stabilite le seguenti differenze dei livelli sonori negli ambienti interni:

$$L_{\text{ambiente}} - L_{\text{residuo}} = \begin{cases} \text{diurno} \leq 5 \text{ dBA} \\ \text{notturno} \leq 3 \text{ dBA} \end{cases}$$

4) Il rilascio di concessioni edilizie avviene dopo esame della documentazione relativa all'impatto acustico ambientale se si tratta di impianto industriale.

5) Le misure all'interno di edifici per sorgenti di rumore esterno devono essere effettuate a finestre aperte ad un metro da queste.

Se a finestre chiuse la rumorosità presenta i seguenti valori:

- diurno ≤ 40 dBA
- notturno ≤ 30 dBA

ogni disturbo deve essere trascurato indipendentemente dal valore differenziale di cui al punto 3; sei valori risulteranno invece:

- diurno ≥ 60 dBA
- notturno ≥ 45 dBA

tali valori non possono essere accettati qualunque sia il livello differenziale.

Tabella 31

Zonizzazione	Limite diurno Leq (A)	Limite notturno Leq (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) (+)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) (+)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70
(+) Zone da cui all'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444		

Zona A: centro storico, artistico, pregio
Zona B: zone diverse da zona A

Tabella 32 - Limiti massimi (Leq in dBA)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempo diurno Leq (A)	Tempo notturno Leq (A)
I - Aree particolarmente protette	50	40
II - Aree prevalentemente residenziali	55	45
III - Aree di tipo misto	60	50
IV - Aree di intensa attività umana	65	55
V - Aree prevalentemente industriali	70	60
VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

7) Il contenimento del rumore esterno dipende essenzialmente dal traffico veicolare.

Dalle numerose analisi condotte si deduce che la riduzione del livello di rumorosità all'interno delle abitazioni si otterrà solo se verrà attuata una variazione sostanziale al principio di funzionamento delle vetture e autocarri. Questo sarebbe superabile, naturalmente, se le abitazioni avessero serramenti di qualità molto elevata, con isolamento acustico pari ad almeno 40-45 dBA.

Confronto fra tabella 31 e 32:

Tabella 15	Tabella 16
territorio nazionale	classe V
zona A	classe IV
zona B	classe III
zona industriale	classe VI

La normativa italiana sull'inquinamento acustico:

In data 30 ottobre 1995, sul Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 254, è stata pubblicata la "Legge quadro sull'inquinamento acustico" - Legge 26 ottobre 1995 n. 447 che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela del rumore prodotto dall'ambiente esterno e dall'ambiente abitativo, ai sensi e per gli effetti dell'art. 117 della Costituzione.

L'articolo 3 della suddetta legge fissa le competenze dello Stato ed in particolare, al comma 1) lettera e), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, affida al Ministero dell'Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità e con quelli dei Lavori Pubblici e dell'Industria, l'incarico di stabilire, a mezzo decreto del Presidente del

Consiglio dei Ministri, i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici stessi e dei loro componenti in opera.

In ottemperanza ai disposti sopra citati, in data 22 dicembre 1997 sulla Gazzetta Ufficiale n. 297 è stato pubblicato il Decreto del Pre-sidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

Sintesi del DPCM 05/12/97

Art. 1 - Campo di applicazione

L'art. 1 precisa che, in attuazione dell'art. 3 comma 1) lettera e) della Legge 26 ottobre 1995 n. 447, il decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

I requisiti acustici di sorgenti sonore diverse da quelle sopra indicate vengono invece determinati da altri provvedimenti attuativi della legge 447/95.

Art. 2 - Definizioni

Ai fini dell'applicazione del decreto gli ambienti abitativi sono distinti nelle categorie indicate nella Tabella A del documento, di seguito riportata.

Tabella A - Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

Categoria A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
Categoria B	edifici adibiti a uffici e assimilabili
Categoria C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
Categoria D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
Categoria E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Categoria F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
Categoria G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Al comma 2) di questo articolo sono definiti componenti degli edifici sia le partizioni orizzontali che quelle verticali.

Il comma 3) definisce servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

Il comma 4) definisce servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

Infine il comma 5) rimanda all'Allegato A del decreto la definizione delle grandezze acustiche cui fare riferimento.

Art. 3 - Valori limite

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore sono indicati in Tabella B, qui di seguito riportata, i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne, definiti nell'Allegato A del DPCM.

Le grandezze di riferimento riportate nella Tabella B, che caratterizzano i requisiti acustici degli edifici, da determinare con misure in opera, sono:

- il tempo di riverberazione (T)
- il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R^2). Tale grandezza rappresenta il potere fonoisolante degli elementi di separazione tra alloggi e tiene conto anche delle trasmissioni laterali (dB).

Dai valori R^2 , espressi in funzione della frequenza (terzi di ottava), si passa all'indice di valutazione R^2_w del potere fonoisolante apparente delle partizioni fra ambienti facendo ricorso ad una apposita procedura.

L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà fonoisolanti della partizione.

- l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nt}$) definito da:

dove:

$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello sonoro (dB)

Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (art. 3)

Categorie di cui alla Tab. A	$R_w^{(*)}$	$D_{2m,n} T_w$	$L_{n,w}^2$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	56	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Nota: per quanto riguarda l'edilizia scolastica i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella normativa precedentemente emanata (Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 e successivo Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, per altro non citato del DPCM in esame).

$L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2m dalla facciata, prodotto dal rumore da traffico, se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata (dB).

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente (dB).

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente in s.

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s.

Dai valori $D_{2m,nT}$ espressi in funzione della frequenza, si passa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$) facendo ricorso ad un'apposita procedura.

L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà fonoisolanti della facciata.

- Il livello di calpestio normalizzato (L_n^2)

Dai valori L_n^2 , espressi in funzione della frequenza (terzi di ottava), si passa all'indice L_n^2 del livello di calpestio di solaio normalizzato facendo ricorso ad una apposita procedura.

L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà di isolamento del solaio ai rumori di impatto.

- $L_{A,Smax}$ è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A, con costante di

tempo slow, prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo.

- L_{Aeq} è il livello massimo di pressione sonora ponderata A, prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

Art. 4 - Entrata in vigore

Poiché il DPCM entra in vigore sessanta giorni dopo la sua pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997, lo stesso diviene operante dal 21 febbraio 1998.

Osservazioni in merito al DPCM 5/12/97

Molte sono le osservazioni che potrebbero farsi a partire dagli errori, imprecisioni ecc. che sono contenuti nel DPCM per cui si auspica che vengano a breve introdotte tutte le necessarie modifiche per rendere più applicabile il decreto.

Ciò premesso in questa sede illustreremo brevemente le conseguenze pratiche che si avranno, ad esempio nell'edilizia residenziale, per rispettare l'isolamento acustico standardizzato di facciata il cui valore, inteso come indice di valutazione, è fissato in 40 dB.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico delle facciate occorre ricordare che di norma nell'edilizia residenziale le stesse sono costituite da tre parti:

- il muro ed il suo isolamento termico

- le finestre (vetro più telaio)
- cassonetti, nel caso di sistemi tradizionali di oscuramento con tapparelle.

Affinché l'influenza della parte opaca, opportunamente mediata con quella trasparente, risulti trascurabile sull'isolamento globale della parete esterna, è necessario in ogni caso che la stessa abbia un potere fonoisolante R_w superiore ai 50 dB.

Bisogna poi tenere presente che l'isolamento acustico delle facciate è pesantemente condizionato dalla presenza dei serramenti e a sua volta questi ultimi da quella dei cassonetti e dalla qualità di tenuta e dal peso dei telai.

Infatti per ottenere un potere fonoisolante del complesso vetro+telaio+cassonetto R_w maggiore od eguale a 40 dB occorre:

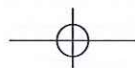
- un vetro-camera, ben sigillato sul telaio e con la camera d'aria riempita possibilmente di uno speciale gas che ne aumenta considerevolmente il potere fonoisolante ($R_w = 40$ dB circa);
- un telaio di potere fonoisolante non inferiore a quello del vetro e quindi con R_w di 40 dB. Ciò può essere ottenuto solo con serramenti particolari, piuttosto pesanti e possibilmente a taglio termico;

- telai ermetici sia lungo i giunti tra parti fisse e parti mobili che tra telaio e controtelaio;
- un cassonetto con potere fonoisolante R_w 35-38 dB.

Da quanto esposto si evince che un potere fonoisolante del complesso telaio+vetro+cassonetto di circa 40 dB può quindi essere ottenuto solo adottando soluzioni abbastanza complesse e non ancora note alla maggior parte dei progettisti.

Un'importante osservazione per concludere: per realizzare edifici realmente protetti contro i rumori sia interni che esterni è indispensabile che:

- progettisti ed imprese acquisiscano un'ade-guata cultura nell'acustica edilizia sui materiali, sulle tecniche di insonorizzazione e sugli accorgimenti da adottare in sede di posa in opera;
- non vengano impiegati materiali isolanti non idonei ai fini acustici;
- vengano esercitati controlli sia in corso d'opera sia a lavoro finito;
- intervenga, in tutte le fasi dell'opera e cioè dal progetto all'esecuzione, una nuova figura: quella dello specialista di acustica che affianchi l'impresa e che garantisca, con la sua specifica competenza, il rispetto dei disposti della nuova normativa.



5. COMPORTAMENTO AL FUOCO

- **Comportamento al fuoco**
La normativa europea
Le Euroclassi
- **Gli edifici e il comportamento al fuoco**
Progettazione
Prevenzione e controllo
Incendio e combustioni
Sicurezza

PVC

COMPORAMENTO AL FUOCO

Per quanto riguarda il problema del fuoco, la possibile partecipazione di un telaio di finestra deve considerarsi del tutto secondaria.

La comparazione fra i due materiali infiammabili utilizzabili per realizzare i telai per serramenti è riportata in tabella 33.

Le quattro caratteristiche riportate, anche se non esaustive sul comportamento reale dei due materiali in un incendio, sono indicative. Infatti, la temperatura di flash sta a indicare la più bassa temperatura dell'aria che lambisce il campione e che lo fa incendiare in presenza di un innesco di piccola fiamma pilota; la temperatura di autocombustione definisce la più bassa temperatura dell'aria che in assenza di fiamma provoca l'autocombustione del campione; l'indice di ossigeno definisce la più bassa percentuale di ossigeno nell'aria di prova sufficiente a mantenere la combustione del campione (evidentemente più alto è l'indice di ossigeno e più difficilmente combustibile è il materiale); il tempo di accensione ha significato ovvio; indica, cioè, l'inerzia ad accendersi di un campione sottoposto a innesco con una sorgente radiante in condizioni definite.

Per quanto riguarda, invece, l'aspetto pratico, reale, del comportamento dei materiali in un incendio le normative oramai accettano la distinzione dei tre aspetti:

- a) resistenza al fuoco;
- b) reazione al fuoco;
- c) pericolosità dei fumi.

La resistenza al fuoco è intesa come l'attitudine di un elemento da costruzione a conservare durante un incendio, per un periodo di tempo determinato, la stabilità, la tenuta e/o l'isolamento termico. Non è ancora disponibile una normativa italiana per questo aspetto; la norma ASTM E 163 può sopperire al fine di determinare il comportamento al fuoco del serramento finito. La reazione al fuoco indica secondo UNI "il grado di partecipazione di un materiale combustibile ad una fiamma al quale è sottoposto".

Inoltre, manca ancora la classificazione dei diversi materiali per quanto concerne la pericolosità dei fumi. A questo riguardo esiste una carenza in ambito internazionale di metodi di prova pratici e rispondenti.

L'incendio si instaura solo nel caso in cui si realizzino alcune condizioni particolari che vengono sintetizzate con il noto triangolo di Fig. 46.

Devono sussistere contemporaneamente tre elementi basilari: la temperatura, l'ossigeno e il combustibile.

I momenti e lo sviluppo dell'incendio sono visibili in Fig. 47 dove si nota una suddivisione in cinque fasi principali in funzione del tempo.

Tabella 33 - Comportamento alla combustione del legno e del PVC

Tipo di prova	Metodo	Pvc	Legno
Temperatura di Flash (°C)	ASTM 1329	400	250
Temp. di autocombustione (°C)	ASTM 1329	450	400
Indice di ossigeno (%)	ISO 4589	50	22
Tempo di accensione (s)	ISO 5657	112	50

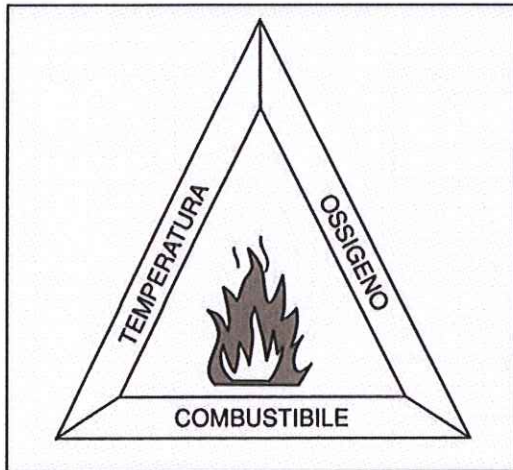


Fig. 46 - Il triangolo del fuoco

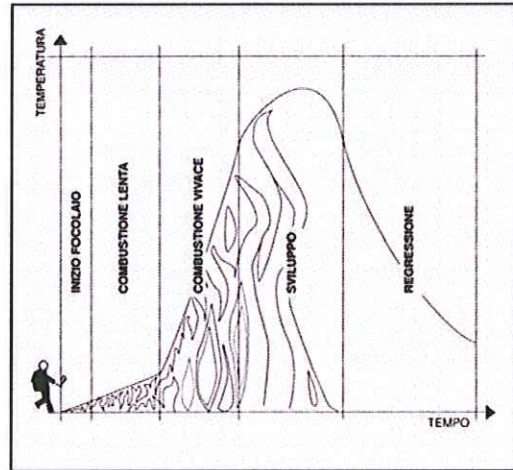


Fig. 47 - Fasi della combustione

All'interno di un ambiente abitato questa curva prende colpo nelle modalità di Fig. 48.

L'innesco schematizzato con una poltrona incendiata crea flussi di calore e soprattutto una corrente d'aria entrante attraverso il serramento e di conseguenza una uscente.

Questa va ad incidere sul possibile sviluppo dell'incendio ai piani superiori o laterali con la distribuzione delle temperature di Fig. 49.

Le isoterme, se persistenti nel tempo, provocano l'innesco in altri componenti.

L'approccio alla problematica del fuoco in relazione ai materiali può essere suddivisa in tre settori:

- 1 - Resistenza;
- 2 - Reazione;
- 3 - Fumi.

La descrizione, esposta in precedenza, deve essere affiancata da alcune precisazioni.

La resistenza può essere sperimentalmente testata su campioni in scala reale secondo una procedura descritta dalla norma ISO 834. Questa prevede che l'elemento venga sottoposto ad un carico di fuoco che aumenta la temperatura secondo l'andamento di Fig. 50.

Il componente, in funzione del tempo opposto al passaggio del calore, viene classificato in classe 30, 60, 90, 120, 180.

L'ultima caratteristica, rappresentata dall'analisi dei fumi, è di difficile trattazione.

La problematica deve essere suddivisa in opacità e tossicità.

Riportiamo per semplicità di trattazione solo il diagramma di Fig. 51 che riporta i valori di tossicità dei fumi di alcuni materiali sperimentati con una procedura che entrerà nello standard dei laboratori italiani.

La tossicità dei fumi viene riferita a una scala relativa comparando quindi i risultati ottenuti sperimentando diversi materiali. Come conclusione si deve sottolineare che

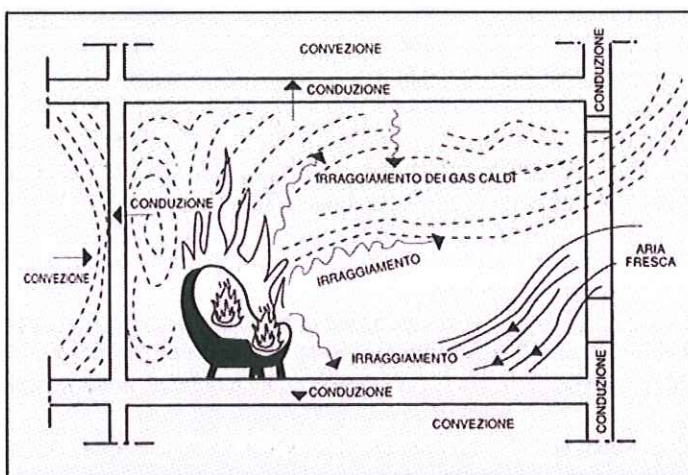


Fig. 48

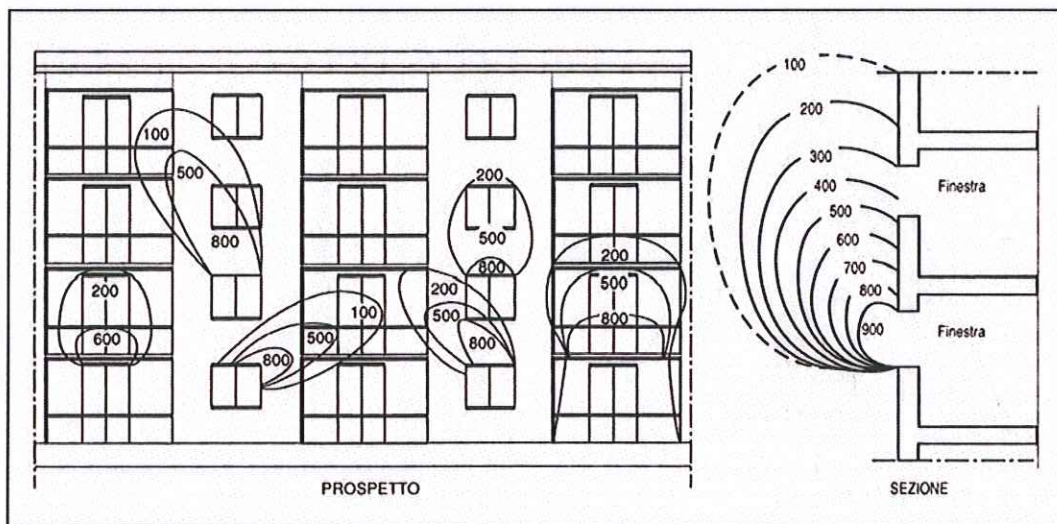


Fig. 49 - Andamento curvo isoterme sulla facciata di un edificio

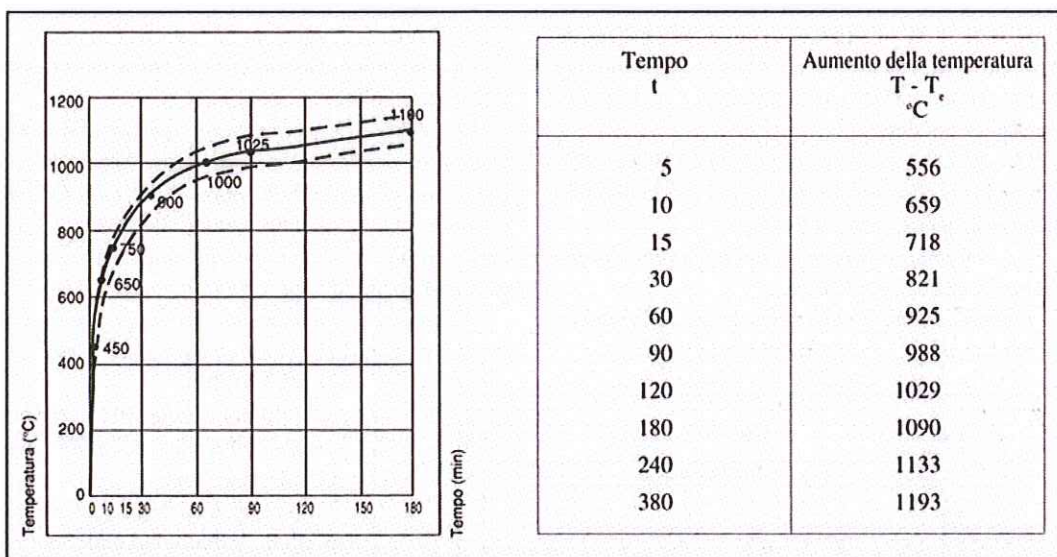


Fig. 50 - Curva campione ISO 843 (in Italia UNI 7678) per le prove di resistenza al fuoco

l'incendio provoca alta temperatura, fumi più o meno pericolosi, ma soprattutto crea ossido di carbonio (CO), gas molto pericoloso e letale.

Per analizzare il comportamento al fuoco di un serramento (resistenza) è stata effettuata una prova sperimentale.

Il serramento in PVC che è costituito da profili in PVC, vetratura, guarnizioni e ferramenta, può essere classificato in base alla resistenza al fuoco ovvero al

tempo con cui il serramento si oppone al passaggio del fuoco.

Il comportamento del serramento potrebbe permettere il propagarsi dell'incendio qualora vi fosse ai piani superiori un materiale molto sensibile all'azione della fiamma e del calore.

Le isoterme di calore, ascendente lungo la facciata, indicano come elemento a rischio per la propagazione il serramento del piano superiore che viene

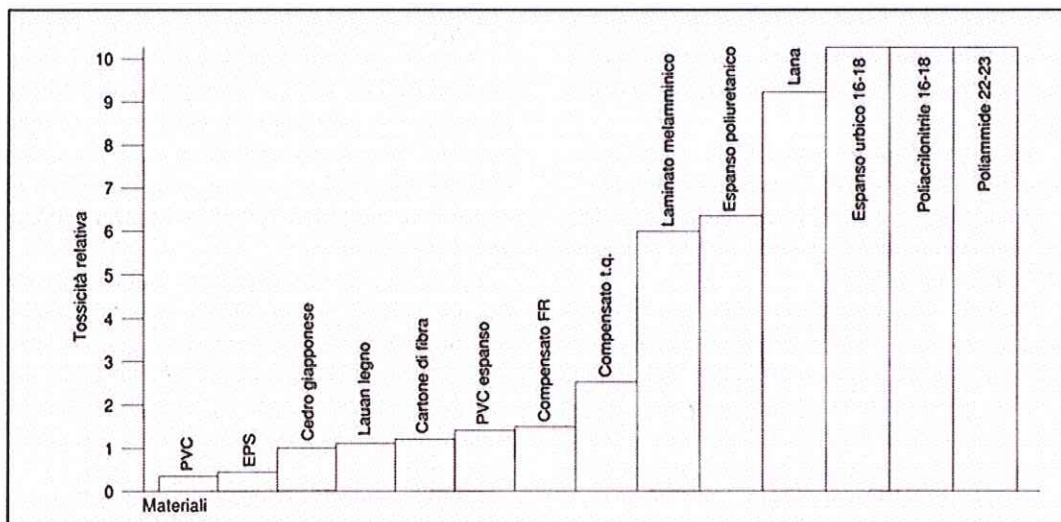


Fig. 51 - Valori di tossicità dei fumi di alcuni materiali (prova a 550°C)

investito da una temperatura di circa 350-400°C.

Interessante può essere il raffronto dei valori della temperatura di accensione in presenza di fiamma libera e di autoaccensione in presenza di calore di alcuni dei più usuali materiali che vengono incontrati nell'edificio come indicato nella tabella 34.

Quanto esposto è stato sperimentalmente verificato con una prova specifica.

Un serramento di dimensioni reali è stato posizionato in una apparecchiatura denominata "forno" allo scopo di determinare la resistenza al fuoco.

Tabella 34 - Temperatura d'accensione e autoaccensione

Materiale	Accensione °C	Autoaccensioni °C
Polimetilmetacrilato	280-300	490-462
Polietilene	341-357	394
Poliestere	345-360	488-496
Policloruro di vinile	391	454
Poliammide	421	424
Poliestere vetro rinforzato	346-399	483-488
Laminato melaminico	475-500	623-645
Lana	200	
Cotone	230-266	254
Pino	228-264	260
Douglas	260	

La prova di resistenza al fuoco del serramento in PVC inizia a bassa temperatura (temperatura ambiente) che gradualmente viene aumentata e controllata da sensori che permettono di registrare la temperatura presente nel forno sull'esterno del telaio e sulla parete esterna della vetrata.

La prova prosegue con l'innesco di fiamma nelle guarnizioni della vetrata.

Il materiale utilizzato per le guarnizioni di tenuta all'aria del serramento e per la vetratura è stato appositamente scelto per permettere l'innesco della fiamma e per verificare quindi che il PVC, di cui è costituito il telaio, non partecipi all'incendio. La verifica sperimentale ha dimostrato che il PVC risulta realmente autoestinguente.

Gli andamenti della temperatura nei numerosi punti di rilevamento mostrano le caratteristiche peculiari del serramento in PVC. Al termine della prova, durata circa mezz'ora, la temperatura finale all'interno del forno ha superato i 400°C. Nonostante questo il telaio in PVC non ha creato problemi di resistenza al fuoco e di resistenza meccanica (la rottura del vetro è avvenuta a circa 200°C):

Con la temperatura interna di 400°C si è riscontrata una temperatura superficiale di circa 40°C.

Questo dato sperimentale sottolinea la mancata trasmissione del calore da parte del PVC che quindi crea un componente "sicuro" anche durante l'incendio.

I serramenti in PVC vengono installati in tutte le nazioni della Comunità Europea anche con la presenza di regolamentazioni al fuoco molto severe come in Inghilterra.

Anzi, proprio questo materiale, in quanto autoestinguento, viene preferito e indicato per l'utilizzo.

Gli incendi in edifici di civile abitazione iniziano da cortocircuito elettrico o da un innesto di fiamma all'arredamento interno.

La rottura della vetratura a temperature relativamente basse crea l'effetto di rinnovo dell'aria interna. Inoltre la bassa temperatura superficiale del telaio in PVC in presenza di alta temperatura sulla faccia opposta permette di manovrare l'apertura per la fuoriuscita dei componenti dell'abitazione o la richiesta di soccorso da parte degli abitanti.

La normativa europea

Con la pubblicazione nel febbraio '89 della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione, sono stati fissati i requisiti essenziali che devono essere soddisfatti dalle opere di costruzione e di ingegneria civile per non mettere a repentaglio la sicurezza di persone, animali domestici e cose.

Fra i sei requisiti essenziali non poteva ovviamente mancare la sicurezza in caso di incendio.

Per soddisfare a questo requisito, l'opera deve essere concepita e costruita in modo che in caso di incendio sia garantita:

- la stabilità degli elementi portanti per un tempo utile ad assicurare il soccorso agli occupanti
- la limitata propagazione del fuoco e dei fumi, anche riguardo le opere vicine
- la possibilità che gli occupanti lascino l'opera indenni o che gli stessi siano soccorsi in altro modo
- la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza

Per poter assolvere ai requisiti essenziali è indispensabile che siano usati prodotti in grado di assolvere alle funzioni specifiche richieste dal sistema in cui vengono impiegati e le cui caratteristiche prestazionali sono pertanto definite da procedure di classificazione e metodi di prova armonizzati in tutti i paesi dell'Unione Europea.

Questo consente di poter mettere a confronto tutti i prodotti indipendentemente dal luogo di produzione e/o commercializzazione, favorisce pertan-

to il libero scambio delle merci in ambito europeo.

Nel caso specifico della propagazione del fuoco erano presenti nei vari paesi europei più di 35 differenti normative nazionali fra le quali non è possibile creare una correlazione, tanto che in molti casi si sono verificate situazioni in contrasto: un prodotto che in un paese era considerato pericoloso in un altro veniva considerato sicuro.

Per ovviare a tale situazione, la Commissione Europea, dopo più di dieci anni di lavori ha stabilito per i materiali da costruzione un sistema di classificazione, le Euroclassi, che a partire dal 2003 hanno fissato univocamente in tutti i paesi della Comunità Europea, il contributo alla generazione ed alla propagazione del fuoco e del fumo di un materiale.

L'intero sistema di classificazione è stato costruito sulla base di quattro metodologie di prova di piccola scala e di un test di riferimento a grande scala, che consentono la misurazione dei parametri significativi ai fini della partecipazione all'incendio e che permettono la classificazione del prodotto.

In tutti i paesi membri il comportamento al fuoco è identificato da un'unica classe. Sarà poi la regolamentazione tecnica di ogni singolo paese a stabilire le regole di utilizzazione delle varie classi nelle specifiche situazioni ove la sicurezza all'incendio è richiesta.

Le Euroclassi

Il sistema di classificazione europeo per i materiali da costruzione ad esclusione dei prodotti per copertura e per pavimentazione è basato su sette Euroclassi.

In particolare:

Tabella 35

A1	Nessun contributo all'incendio/ non combustibile	Assenza di Flash-over
A2	Nessun contributo all'incendio/ non combustibile	Assenza di Flash-over
B	Contributo all'incendio molto limitato	Assenza di Flash-over
C	Limitato contributo all'incendio	Rischio di Flash-over
D	Contributo all'incendio non trascurabile	Rischio di Flash-over
E	Scarse proprietà di reazione al fuoco	Rischio di Flash-over
F	Caratteristiche non determinate-dati non disponibili	Rischio di Flash-over

il controllo dei sistemi di combustione per prevenire l'insorgenza e contenere lo sviluppo e la propagazione nello spazio e nel tempo dell'incendio;

la concezione di sistemi di protezione degli occupanti degli edifici dai pericoli dell'incendio.

Prevenzione e controllo

La sicurezza antincendio è un'entità concettuale espressa a livello di obiettivi. I mezzi, le azioni ed i modi per il conseguimento di questi obiettivi formano l'oggetto della prevenzione incendi, la quale, articolata nelle due branche della prevenzione incendi propriamente detta e della protezione antincendio, può essere definita come lo studio e l'applicazione dei modi d'azione diretti a limitare le probabilità dell'accadimento dell'evento incendio e le probabilità dei danni consequenziali o, in altre parole, a ridurre la frequenza e la magnitudo del rischio d'incendio entro "limiti accettabili".

Lo studio delle misure, dei provvedimenti, delle azioni e dei modi della prevenzione incendi richiede una risposta alla domanda concernente la natura e gli stati evolutivi dell'incendio allo stato potenziale e allo stato attivato. Dal punto di vista chimico gli incendi non sono altro che processi di combustione accidentale, processi, cioè, che si svolgono al di fuori del controllo dell'uomo. Ciò vuol dire che lo studio dei metodi di controllo di incendi potenziali e di quelli attivi si basa sull'applicazione dei principi teorici del controllo dei sistemi di combustione.

Un sistema potenziale d'incendio è costituito da due entità essenziali: le sostanze combustibili e le sostanze comburenti, interagenti fra loro e con il contorno fisico (il sistema ambiente). L'attivazione ed il controllo di un sistema potenziale d'incendio (di combustione) avviene per modificazione delle variabili di entrata e di uscita del sistema stesso.

I problemi connessi con lo sviluppo e l'applicazione delle tecniche del controllo dei sistemi d'incendio sono quindi strettamente legati alla teoria della combustione.

La prevenzione incendi persegue certi ben determinati obiettivi, secondo modi di azione derivati dai principi teorici del controllo degli incendi e da considerazioni e valutazioni di ordine sociale, politico, economico e psicologico.

Gli obiettivi hanno in sostanza la duplice finalità di:

- tutela dell'incolumità delle persone;
- conservazione dei beni materiali.

Dal concetto della duplicità degli obiettivi sono derivati due modi di porre i problemi della prevenzione incendi sul piano tecnico e socio - economico, dando luogo alla discriminazione della materia in prevenzione primaria (sicurezza primaria) e prevenzione secondaria (sicurezza secondaria).

La prevenzione primaria tratta i problemi concernenti la salvaguardia delle vite umane, dei valori umani e degli interessi pubblici. Sono escluse, come già detto, soluzioni basate su valutazioni di solo ordine economico, per l'implicazione di motivazioni di natura etica, psicologica e politica. La prevenzione secondaria tratta i problemi della sicurezza, le cui soluzioni implicano ad un livello ottimo degli investimenti nei sistemi di protezione.

I modi per il conseguimento degli obiettivi prefissati possono riassumersi nei due principi fondamentali della prevenzione-controllo con rispettivamente:

- riduzione del rischio d'incendio, inteso nel senso probabilistico della riduzione della frequenza della insorgenza dell'incendio stesso;
- riduzione dei rischi connessi con la velocità di produzione delle energie dell'incendio.

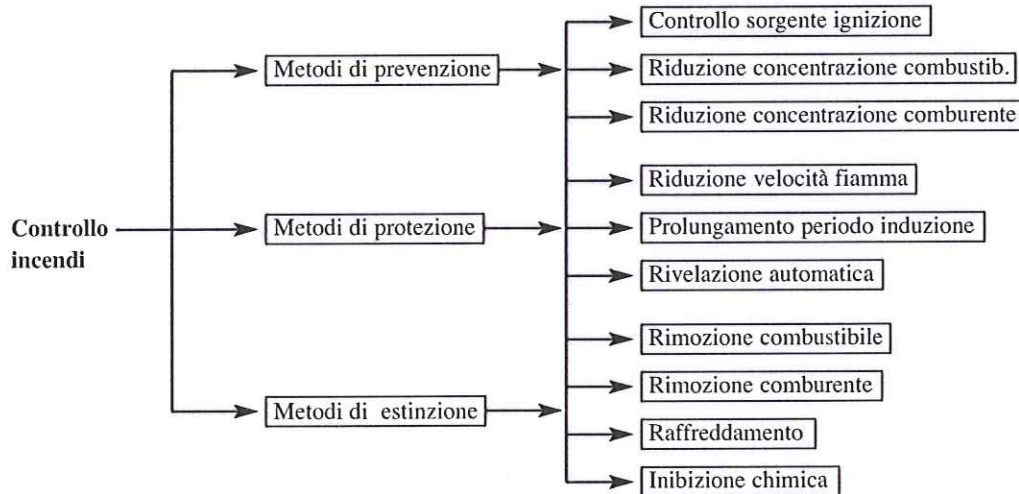
Le misure di protezione sono di tipo passivo e di tipo attivo.

La protezione passiva persegue il duplice scopo di contenere i danni alle strutture entro limiti riferibili ad una soglia di severità degli incendi correlata al sistema potenziale di combustione e di evitare o limitare gli effetti nocivi dei prodotti della combustione a persone o cose; essa è dunque esprimibile in termini di comportamento al fuoco delle strutture (resistenza al fuoco, reazione al fuoco) di isolamento, di compartimentazione e sezionamento dell'edificio, di sistemi statici di ventilazione e rimozione dei prodotti della combustione e di disegno delle vie dell'evacuazione di emergenza.

Le misure-sistemi di protezione attiva perseguono lo scopo di abbassare la frequenza degli incendi di severità superiore ad una certa soglia, per mezzo della loro rivelazione precoce e dell'estinzione rapida nella prima fase del loro sviluppo. Riassumendo, i metodi di controllo degli incendi sono il risultato di modi di azione diretti al loro condizionamento attraverso misure che ne preven- gono l'insorgenza e ne riducono gli effetti.

Nella tavola 1 sono riportati schematicamente i principali modi di azione dei metodi di controllo degli incendi.

Tavola 1 – Riassunto schematico dei metodi di controllo degli incendi

*Incendio e combustioni**A) Incendi*

La rappresentazione schematica della dinamica dell'incendio per mezzo dei classici schemi del tetraedro o della croce del fuoco non evidenzia la caratteristica evolutiva di un sistema di incendio. Conviene ricorrere alla rappresentazione semplificata del processo d'incendio, considerando un sistema che può essere definito in ogni istante dalle sue variabili di entrata e di uscita.

Le variabili di entrata sono le entità, combustibile e comburente, e l'energia di ignizione, che deve essere superiore all'energia di attivazione.

Le variabili di uscita sono i prodotti della combustione, costituiti da materia (fumi, gas, vapori e residui solidi) e l'energia prodotta.

L'attivazione ed il controllo di un sistema potenziale d'incendio avviene per modificazione delle condizioni del suo contorno fisico e cioè per mezzo delle modificazioni delle variabili di entrata e delle variabili di uscita. La sottrazione del calore prodotto o, in maniera più generale, lo scambio termico con il contorno fisico del sistema stesso, avviene in tre modi diversi: per conduzione, per convezione e per irraggiamento.

Il punto di passaggio dal periodo delle ignizioni al periodo dello sviluppo rappresenta il flash – over o punto di ignizione totale corrispondente all'incendio.

Le propagazioni spaziali dell'incendio da un com-

partimento all'altro dell'edificio, da un edificio all'altro, dall'edificio ad installazioni esterne e viceversa, avvengono per irraggiamento e per trasporto dei prodotti di combustione, di faville o di corpi incendiati, prevalendo l'una azione o l'altra a seconda del mezzo attraverso il quale si propaga l'incendio.

B) Combustioni

La combustione è una reazione esotermica riguardante la combinazione di una sostanza con l'ossigeno. Quasi tutte le sostanze sono, in grado maggiore o minore, soggette alla combustione. L'ossidazione lenta è chiamata talvolta combustione lenta.

Il vasto campo della combustione può essere suddiviso in tre sezioni principali:

- **Combustione omogenea**, la combustione di sostanze gassose (caratterizzata dal sistema gas + gas);
- **Combustione eterogenea**, la combustione di sostanze solide e liquide (sistemi: solido + gas o liquido + gas);
- **Combustione dei sistemi condensati** (esplosivi).

Ogni processo di combustione o decomposizione di una sostanza è di fatto un processo chimico, che consiste essenzialmente nella trasformazione delle sostanze reagenti. Per evidenti interessi legati ai materiali solidi viene di seguito analizzata in dettaglio la combustione eterogenea.

La combustione eterogenea

La combustione eterogenea è il processo di combustione dei sistemi eterogenei nei quali il componente combustibile, liquido o solido, è in uno stato di aggregazione diversa dal comburente gassoso che è ossigeno.

La maggior parte dei processi di combustione delle sostanze solide e liquide si svolgono nella forma di fiamme di diffusione sia nel caso di combustioni accidentali, come gli incendi di liquidi nei serbatoi, di depositi di legno, ecc., sia nel caso di impiego di combustibili negli impianti di generazione di calore. Perché abbia luogo un processo di combustione eterogenea è necessario che sia assicurato il contatto fra le parti chimicamente attive del sistema.

Nelle fiamme, il contatto intimo è compiuto per mezzo del mescolamento diffusivo dei reagenti la cui velocità determina la forma della fiamma e la velocità di combustione.

Una schematizzazione generale dell'intero processo di formazione delle fiamme da diffusione può configurarsi come successione di vari stati: evaporazione e sublimazione; mescolamento con ossidante; reazione chimica.

La combustione dei solidi

I combustibili solidi sono per la maggior parte composti organici ed in parte di origine minerale, come per esempio, i metalli combustibili.

La combustione dei combustibili di origine organica è caratterizzata dalla successione di due stadi: sublimazione dei componenti volatili e combustione del carbonio della massa residua (coke), costituita da carbonio e da componenti minerali (ceneri).

Nel primo stadio la sostanza combustibile, sottoposta all'azione di riscaldamento di una sorgente esterna si decompone nella sua parte volatile, dando luogo alla formazione di miscele infiammabili di gas e vapori. Se la temperatura della sorgente di ignizione è superiore alla temperatura di autoignizione della miscela formatasi sulla superficie del combustibile, ha inizio la combustione degli elementi volatili con formazione di fiamma di diffusione. Tale processo, somigliante all'ignizione dei combustibili liquidi, cessa, con scomparsa graduale della fiamma, al termine dell'emissione degli elementi volatili. La sua durata dipende dallo scambio termico fra combustibile e la

sorgente d'ignizione, dalla superficie specifica di reazione e dalla perdita di calore speso per l'evaporazione dell'umidità e la decomposizione della parte volatile del combustibile.

La maggior parte del calore è speso per l'essiccamento del combustibile, essendo la capacità termica delle sostanze combustibili relativamente bassa ($0,2 \div 0,3$ Kcal/kg). Il secondo stadio del processo caratterizzato, come si è detto, dalla combustione del carbonio della massa residua, ha inizio al termine del processo di eliminazione dei componenti volatili della sostanza e dura fino alla combustione completa del carbonio.

Il processo del secondo stadio si svolge a temperatura più elevata di quello del primo stadio quasi costante, fino al termine della combustione, a spese dell'intenso calore della reazione. Quest'ultimo aspetto rappresenta la caratteristica fondamentale di differenziazione dello svolgimento tra i due stadi.

Per i combustibili organici possono quindi distinguersi due valori della temperatura di ignizione, riferiti rispettivamente all'ignizione degli elementi volatili e all'ignizione della massa del residuo solido. L'ignizione di quest'ultima ha luogo alla rottura dell'equilibrio termico fra il calore generato dalla reazione di ossidazione ed il calore dissipato nello spazio circostante. La temperatura alla quale ha luogo la spontanea e rapida accelerazione del processo chimico di ossidazione, quando il calore prodotto dalla reazione supera il calore dissipato, corrisponde alla temperatura di ignizione del combustibile solido.

La combustione eterogenea del residuo solido delle sostanze combustibili è determinata dalle proprietà puramente chimiche della reazione e dall'afflusso del comburente gassoso dallo spazio circostante sulla superficie di reazione del solido. La velocità di reazione dipende perciò dai fattori che influenzano l'aspetto chimico e l'aspetto fisico del fenomeno. Sotto l'aspetto fisico va detto che il trasporto dell'ossigeno nella zona di reazione e la rimozione dei prodotti di reazione avviene per diffusione ed il processo è regolato da leggi puramente fisiche.

Dal punto di vista del processo chimico il meccanismo della combustione dei residui carbonici consiste nello svolgimento di una reazione complessa che conduce alla formazione simultanea di ossido di carbonio CO e di anidride carbonica CO₂.

Sostanza (<i>segue</i>)	Peso kg/m ³ (a 15° C)	Potere calorifico inferiore	
		Kcal/kg	MJ/kg
Benzene	880	9600	40
Bitume (catrame)	1100 ÷ 1500	9300÷10200	38 ÷ 42
Butano	2,68	10600	46
Carbone di legna	180 ÷ 250	7100÷7500	30 ÷32
Carbon fossile nazionale	750 ÷ 850	5300	22
Carbon coke	350 ÷ 480	7200	30
Carta sfusa	350 ÷ 800	4000	17
Carta compressa	1000 ÷ 1200	11000	47
Cartone	120 ÷ 500	4000	17
Celluloide	1380	4500	19
Cera	950	9000	18
Coke Metallurgico	400 ÷ 600	7000 ÷ 8000	29 ÷ 34
Cotone	1400 ÷ 1500	4000	17
Cuoio	850 ÷ 1000	5000	21
Etano	1,356	11300	47
Etilene	1,260	11250	47
Farina	450	4000	17
Fieno	60 ÷ 200	4000	17
Gasolio	850	10200	42
Glicerina	1250	4000	17
Gomma	900 ÷ 1300	10000	42
Idrogeno	0,089	28700	120
Idrogeno Solforato	1,54	3890	16
Immondizia	300 ÷ 600	2200	9
Lana	1300	5000	21
Legno	350 ÷ 1000	3000 ÷ 4600	13 ÷ 19
Lignite	650 ÷ 1800	2500 ÷ 5100	11 ÷ 21
Linoleum	1300	5000	21
Litantrace	800 ÷ 1200	7000	29
Metano	0,716	11900	50
Olio combustibile denso	960	9600	40
Olio combustibile fluido	925	9800	41
Olio vegetale	850 ÷ 950	9000 ÷ 11000	38 ÷ 45
Ossido di carbonio	1,250	2440	10
Paglia	50 ÷ 150	4000	17
Paraffina	870 ÷ 900	10000	42
Petrolio	700 ÷ 900	9500 ÷ 10200	40 ÷ 42
Polistirolo (schiuma)	15 ÷ 30	7800 ÷ 10000	32 ÷ 42
Polietilene	920 ÷ 950	8300 ÷ 10700	35 ÷ 45
Poliuretano	1000 ÷ 1200	6200 ÷ 9000	26 ÷ 38
Propano	2,019	11000	46
PVC	1000 ÷ 1200	3600 ÷ 7100	15 ÷ 30
Rayon	1300	4000	17
Resine Plastiche	1000 ÷ 1200	3600 ÷ 8300	15 ÷ 35
Seta	1360	5000	21
Stracci	300	4000	17
Sughero	200 ÷ 350	4000	17
Torba	300 ÷ 650	3000 ÷ 6200	13 ÷ 26

Il **potere comburivoro** è il volume teorico di aria necessario alla combustione di un chilogrammo (o di un metro cubo) di combustibile. E' espresso generalmente in m^3/Kg per i combustibili solidi e liquidi, e in m^3/m^3 per i combustibili gassosi.

Per **combustione teorica completa** si intende la combustione degli elementi contenuti nella sostanza combustibile, quando la reazione si sviluppa completamente con la quantità di aria strettamente necessaria alla combustione, la cosiddetta **aria teorica**.

La temperatura teorica di combustione (o potere pirometrico) di un dato combustibile è la massima temperatura che si potrebbe raggiungere nella combustione completa, con aria teorica, di un Kg (o di un m^3) del combustibile considerato, in condizioni adiabatiche. Si suppone perciò che tutto il calore sviluppato nella reazione sia utilizzato per riscaldare i prodotti della combustione e che non esistano scambi termici con l'ambiente. Il calcolo della temperatura teorica di combustione si può effettuare con il **metodo del calore totale sensibile**: la temperatura teorica di combustione è quella per cui il calore totale sensibile dei prodotti gassosi della combustione, dalla temperatura iniziale alla temperatura finale, si può considerare uguale al potere calorifico inferiore. Conoscendo dunque la composizione e la quantità dei fumi, è possibile calcolare il calore totale sensibile in corrispondenza ad alcuni valori della temperatura scelti per tentativi (due valori in genere sono sufficienti) in base alle tabelle dei calori specifici.

I prodotti della combustione

I prodotti della combustione sono costituiti da materia ed energia.

La materia trasformata, in generale, può trovarsi in parte allo stadio solido (ceneri) o liquido (prodotti di fusione), e costituisce i cosiddetti residui, e in parte (o del tutto) allo stato gassoso, sotto forma di gas sviluppati dalla combustione e/o di particelle liquide e solide in sospensione (fumi). L'energia prodotta nella trasformazione si trasmette all'ambiente sotto forma di calore, di rumore e di luce.

I prodotti della combustione più importanti, ai fini della interazione combustione-ambiente, sono:

- i gas della combustione;
- il calore;
- i fumi.

I fumi, a causa della loro importanza nella tecnologia della prevenzione incendi, formano oggetto di una più approfondita trattazione nella parte seconda e terza di questo lavoro, alle quali si rimanda.

I gas

Anidride carbonica (CO_2)

E' uno dei componenti più diffusi e si forma sempre in notevole quantità. In concentrazioni prossime al 10% può essere letale se respirata per più di qualche minuto, ma già a percentuali inferiori fa sentire il suo effetto influenzando sul ritmo respiratorio; a concentrazioni del 2 ÷ 3% la velocità di respirazione viene raddoppiata, ed aumenta così la quantità di gas tossici che possono essere inalati.

Ossido di carbonio (CO)

Presente spesso in discrete quantità, è il prodotto più pericoloso ed è certamente una delle principali cause di decesso negli incendi. Si forma prevalentemente nella combustione di sostanze in ambienti chiusi, o comunque in carenza di ossigeno. Come è noto, l'ossido di carbonio reagisce con l'emoglobina del sangue formando carbossiemoglobina, un prodotto che inibisce l'ossigenazione dei tessuti.

Una concentrazione dell'1% è sufficiente per causare svenimento e la morte dopo qualche minuto: lo 0,1% può essere letale dopo un'ora di esposizione. L'ossido di carbonio è oltretutto estremamente insidioso, perché l'organismo umano non è in grado di percepirlo in tempo, e le contromisure sono relativamente inefficaci.

Anidride solforosa (SO_2)

Può formarsi durante la combustione completa di sostanze contenenti zolfo. Una esposizione di poche minuti a concentrazioni dello 0,5 ÷ 1% può causare seri danni agli occhi e all'apparato respiratorio.

Idrogeno Solforato (H_2S)

Questo prodotto può formarsi durante la combustione di sostanze che contengono zolfo (lane, carni, pellame, etc...) se la concentrazione di ossigeno non è sufficiente. Riconoscibile del caratteristico odore di uova marce, l'idrogeno solforato diventa pericoloso in concentrazioni superiori allo 0,1%, in quanto attac-

ca il sistema nervoso provocando, se l'esposizione non è di breve durata, il blocco respiratorio.

Ammoniaca (NH₃)

Si forma nella combustione di sostanze contenenti azoto (materiali plastici, fibre, resine, etc...). L'ammoniaca causa irritazione agli occhi, al naso e, per lunghe esposizioni, all'apparato respiratorio. Se la concentrazione è superiore allo 0,5% può causare la morte dopo mezz'ora di esposizione.

Ossidi di Azoto (NO, NO₂)

Gli ossidi nitrosi si sviluppano durante la combustione della nitrocellulosa, ad esempio, e di altri composti azotati. La tossicità di questi composti è, in genere, elevata: a partire da concentrazioni dello 0,001% possono causare gravi irritazioni alla gola, con effetti che possono manifestarsi anche dopo molte ore dall'esposizione e che possono essere letali.

Acido Cianidrico (HCN)

Non è un gas molto diffuso, in quanto può svilupparsi nella combustione incompleta di poche sostanze (tessuti e alcune materie plastiche) ma è estremamente tossico anche in minime concentrazioni. E' riconoscibile per spiccato odore di mandorle amare, che però scompare all'aumentare della concentrazione nell'aria.

Aldeide Acrilica (CH₂ = CHCHO)

Detta anche acroleina, è un gas molto tossico e irritante, che si sviluppa nella combustione dei grassi animali. Un periodo di esposizione superiore ai 30 minuti con una concentrazione dello 0,02 può essere fatale.

Cloro (Cl₂)

Allo stato gassoso è estremamente tossico. Una concentrazione in volume dello 0,1% può essere letale istantaneamente; dopo mezz'ora di esposizione può esserlo in una percentuale dello 0,015% circa.

Acido Cloridrico (HCl)

Viene prodotto in fase gassosa nella combustione dei materiali che contengono cloro. E' riconoscibile dal caratteristico odore acre e irritante, e diventa pericoloso, se l'esposizione supera i 30 minuti, in concentrazioni dello 0,01%. Se ha modo di condensarsi, provoca importanti corrosioni delle superfici metalliche.

Fosgene (COCl₂)

E' forse uno dei gas più tossici, considerando che è sufficiente una concentrazione dello 0,003% per causare la morte dopo mezz'ora di esposizione, e che lo 0,005% causa il decesso pressoché immediato. Viene prodotto dalla combustione di alcuni materiali plastici.

Acido Fluoridrico (HF)

Tossico, può essere presente in fase gassosa nella combustione di sostanze che contengono fluoro (teflon, etc...).

Il calore

Da un punto di vista fisico - chimico il calore, in una reazione di combustione, rappresenta una quantità di energia che viene liberata. Da un punto di vista fisiologico rappresenta invece uno degli effetti forse più appariscenti del fenomeno incendio. Le conseguenze di una prolungata esposizione dell'organismo umano a temperature elevate possono essere effettivamente numerose: ustioni, disidratazione dei tessuti, blocco dell'apparato respiratorio, arresto cardiaco.

Sicurezza

A) Resistenza al fuoco

Il comportamento al fuoco delle strutture è l'insieme delle trasformazioni fisiche di un materiale o di un elemento di costruzione sottoposto all'azione del fuoco. Esso è caratterizzato dalle proprietà termiche dei materiali e dalle modalità del loro impiego nelle strutture stesse. Una parte importante dei materiali da costruzione non possiede buone proprietà nei riguardi degli incendi e pertanto il comportamento al fuoco dei materiali e delle strutture è estrinsecato nelle nozioni di **resistenza al fuoco** e **reazione al fuoco**.

La resistenza al fuoco è l'attitudine di un elemento di costruzione o di una struttura a conservare, durante un determinato periodo, la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico richiesto.

La reazione al fuoco è il comportamento di un materiale in funzione del suo contributo ad alimentare il fuoco al quale sia sottoposto.

La previsione del comportamento al fuoco delle strutture presenta, com'è noto, notevoli difficoltà per la natura molto complessa dei fenomeni termici che hanno luogo nel corso di un incendio e per la incom-

pleta conoscenza delle leggi di variazione delle proprietà dei materiali alle alte temperature.

In considerazione della concezione probabilistica dei sistemi di combustione, i problemi connessi con la previsione della resistenza al fuoco delle strutture devono essere risolti con metodi probabilistici.

In mancanza di dati statistici, le soluzioni di questi problemi sono ricercate in via deterministica. Secondo queste concezioni le strutture devono assolvere, in ben definite circostanze, alle funzioni progettuali durante il periodo di tempo richiesto. Queste funzioni possono essere espresse rispetto a due differenti stati limite corrispondenti al collasso totale ed allo stato limite della riadattabilità o ripristino della struttura.

In base a questo secondo criterio, la previsione della resistenza al fuoco può riferirsi al criterio della limitazione della massima deformazione o della massima temperatura.

In base alle attuali conoscenze e agli studi condotti nei vari paesi, la resistenza al fuoco delle strutture può essere determinata seguendo due indirizzi fondamentali, quello dei sistemi globali e quello dei sistemi differenziati.

Nei sistemi globali, la durata dell'incendio è stabilita (dall'Autorità Competente) in base a valutazioni qualitative dei fattori influenzanti le condizioni di sicurezza, come la destinazione, l'altezza ed il volume dell'edificio ed i sistemi di protezione attiva e passiva; oppure la resistenza al fuoco può essere determinata in base ad alcuni concetti e convenzioni quali che la durata dell'incendio viene definita come il periodo di tempo limitato alla "fase di propagazione" dell'intero processo di svolgimento dell'incendio e che la variazione delle temperature con il tempo negli incendi reali, ad alimentazione di combustibile illimitata avviene in modo conforme alla curva standard temperatura - tempo della norma ISO-R834.

La durata dell'incendio, secondo le norme italiane, si determina con una relazione di proporzionalità lineare fra la durata dell'incendio ed il carico di fuoco.

Le norme italiane prevedono 7 classi (c) di resistenza al fuoco degli edifici o parte di essi (Classi 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180). Ogni classe esprime la durata dell'incendio e la durata minima di resistenza al fuoco da richiedere alle strutture in esame.

Le classi si determinano, come detto, in base alla relazione di proporzionalità lineare:

$$C = K \cdot q_l$$

$$q_l = \frac{\sum_1^n g_i \cdot H_i}{4400 A_p}$$

dove:

- q_l è il carico d'incendio in kg legna/m²;
- g_i è il peso in kg del generico fra gli n combustibili presenti nel compartimento;
- H_i è il potere calorifico superiore in Cal/kg del generico fra gli n combustibili presenti nel compartimento;
- A_p è la superficie del pavimento del compartimento in m²;
- 4400 è il potere calorifico superiore del legno;
- K è il coefficiente di proporzionalità

In realtà q_l rappresenta la densità del carico d'incendio o di fuoco. La nozione di carico di fuoco o carico totale di fuoco rappresenta la quantità di calore sviluppato dalla combustione completa del combustibile presente nel compartimento.

La resistenza al fuoco di una struttura è il tempo massimo durante il quale una struttura sottoposta all'azione del fuoco convenzionale, sviluppandosi in conformità alla curva temperatura - tempo ISO R 834, assolve alle sue funzioni di progetto prima del raggiungimento dello stato limite di collasso.

Per le strutture di acciaio si fa coincidere lo stato limite di collasso con il raggiungimento della temperatura critica delle strutture stesse. Per temperatura critica deve intendersi la temperatura media della sezione di un elemento strutturale a partire dalla quale l'elemento stesso perde la sua capacità portante; essa è funzione della qualità dell'acciaio e del sistema statico della sollecitazione cui è sottoposto l'elemento; il suo valore può variare da 500° a 600° C.

Nella determinazione sperimentale l'elemento strutturale è sottoposto in un forno all'azione del fuoco standard, in cui la temperatura varia secondo un determinato programma termico in conformità alla curva temperatura - tempo ISO R 834.

I tempi sono contati dall'inizio della prova fino al raggiungimento dello stato limite. Per la conduzione delle prove sono necessari forni speciali nei quali possono essere prodotte le condizioni di riscaldamento predetto e introdotti i campioni di prova, per quanto possibile, nelle dimensioni d'impiego.

B) La reazione al fuoco

La reazione al fuoco è il comportamento di un materiale o struttura in funzione del suo contributo a sviluppare il fuoco al quale sia esposto; è quindi la misura del modo con cui un materiale risponde o partecipa all'azione di esposizione all'incendio.

L'introduzione di nuovi materiali combustibili e l'uso diverso di quelli esistenti nella costruzione degli edifici ha aumentato sensibilmente il rischio dello sviluppo e propagazione dell'incendio in origine localizzato e circoscritto.

Nei moderni edifici è andato sempre più aumentando l'impiego di materiali combustibili per l'esecuzione di opere di finitura interna e di decorazione, comprendendo in queste opere i materiali per la formazione di soffitti, pavimenti, pareti, finestre, porte, rivestimenti a scopo decorativo e di isolamento termico, acustico e elettrico.

Le opere di finitura sono caratterizzate da un elevato rapporto superficie esposta/volume. I materiali di finitura interna costituiscono pertanto la maggior parte delle superfici esposte all'azione di qualsiasi incendio accidentale originatosi entro gli edifici.

Questi materiali, a seconda della loro composizione chimico - fisica, del loro impiego negli elementi costruttivi, della loro posizione spaziale e del loro contorno fisico, possono contribuire alla propagazione dell'incendio dal centro di ignizione primario ad altri centri di ignizione posti a differente distanza, partecipando così alla successione delle ignizioni oppure possono comportarsi come barriere antincendio per le loro proprietà di resistenza termica.

Per la scelta di questi materiali è di somma importanza l'analisi dei rischi, connessi con il loro impiego specifico, e la valutazione delle proprietà influenzanti i parametri di reazione al fuoco, al fine di ridurre i rischi stessi a livello accettabile.

I rischi, come già osservato, non dipendono solamente dalle proprietà intrinseche dei materiali costituenti il sistema potenziale d'incendio, ma dalla loro

quantità (carico di fuoco fisso), dalla loro configurazione (porosità e geometria) e dalle componenti del sistema ambiente (ventilazione, geometria del locale e proprietà termofisiche degli elementi di delimitazione del locale stesso).

La scelta dei parametri o componenti di definizione della reazione al fuoco non ha ancora trovato unanimità di consensi. In campo internazionale tre componenti o parametri di reazione al fuoco trovano la più ampia applicazione per la misurazione e valutazione delle proprietà che definiscono la reazione al fuoco di materiali o strutture; essi sono:

- il periodo di ritardo all'ignizione di fronte ad una piccola sorgente (sensibilità all'ignizione);
- la velocità di propagazione lineare del fronte di fiamma sulla superficie esposta;
- il contributo termico (energia rilasciata nell'unità di tempo dalla superficie unitaria) della ignizione.

Le componenti di definizione della reazione al fuoco influenzano lo svolgimento evolutivo dell'incendio per interazione con le componenti del sistema potenziale d'incendio e del suo contorno fisico.

È importante evidenziare che le interazioni delle componenti di reazione al fuoco hanno significato solo nella prima delle tre fasi caratterizzanti la progressione dell'incendio e cioè la fase della ignizione, rappresentata dal periodo del riscaldamento dall'esterno del sistema di combustione fino al flash - over.

Questo periodo comprende la durata critica dell'incendio, cioè l'intervallo di tempo intercorrente fra l'istante iniziale del processo di ignizione e l'istante dopo il quale le condizioni ambientali diventano pericolose per l'organismo umano, a causa dei rischi posti dai prodotti della combustione. Se si pensa che lo svolgimento del processo dell'evacuazione con un certo margine di sicurezza deve avvenire proprio nel periodo della durata "critica" dell'incendio, non può sfuggire l'importanza del controllo dei parametri di reazione al fuoco per mezzo delle modificazioni dei fattori ambientali condizionanti i parametri stessi.

Da quanto esposto risulta evidente che le interazioni dei materiali in un incendio sono molteplici e

effetti negli anni 60 e 70 e ne è venuta fuori una grande confusione per tutti.

Innanzitutto si è visto che il numero dei prodotti emessi nella combustione è molto grande, e non solo per i materiali sintetici, ma anche per quelli naturali. In secondo luogo si è visto che la quantità e la composizione dei fumi varia enormemente secondo le condizioni di:

- temperatura
- ventilazione
- fase dell'incendio

Questo fatto è di grande importanza perché un materiale più pericoloso di un altro nella fase ini-

ziale dell'incendio può diventare molto meno tossico in un'altra fase. Da qui deriva quindi la necessità di definire un esatto modello di fuoco, a cui fare riferimento.

Il primo di questi problemi, cioè quello dell'elevato numero di composti emessi, ha reso inutili o quasi le determinazioni analitiche, per l'impossibilità di valutare le interazioni fra i vari gas, sia sinergiche che antagoniste ed ha favorito lo sviluppo di metodi biologici, basati essenzialmente sulla morte o incapacitazione di ratti o altri animali a cui vengono fatti inalare i gas di combustione.

Alcuni dati di interesse generale e di comparazione fra materiali sono riportati in tabella 37 e 38.

Tabella 37 - Temperatura d'accensione ed autoaccensione

Materiale	Accensione °C	Auto-accensione °C
Polimetilmetacrilato	280-300	450-462
Polietilene	341-357	394
Polistirene	345-360	488-496
Policloruro di vinile	391	454
Poliammide	421	424
Poliestere vetro rinforzato	346-399	483-488
Laminato melaminico	475-500	623-645
Lana	200	
Cotone	230-266	254
Pino	228-264	260
Douglas	260	

Tabella 38 - Sostanze prodotte durante la decomposizione termica di alcuni materiali naturali

Materiale	Principali gas sviluppati in un incendio	Concentrazione (ppm) dei gas emessi alla temperatura di:			
		300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
Pino	Monossido di carbonio aromatici	400 *	6000**	12000**	15000**
	
Pannello isolante in fibra di legno	Monossido di carbonio aromatici	14000**	24000**	59000**	69000*
		tracce	300	300	1000
Sughero espanso	Monossido di carbonio aromatici	1000 *	3000**	15000**	29000**
		tracce	200	1000	1000

6. LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

- **La ventilazione degli ambienti**

Aria di ventilazione

La Legge 373

La Legge 584

- **L'infiltrazione d'aria: le cause**

Il vento

L'effetto camino

Sistemi di ventilazione

La condensa superficiale

- **Il benessere dell'ambiente**

PVC

LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI

La ventilazione rappresenta uno degli obiettivi finali più interessanti della finestra la cui apertura o chiusura può determinare effetti positivi e negativi. Con il termine ventilazione si riassume un'interessante sequenza di fenomeni quali: inquinamento, rinnovo, condizioni di benessere, raffrescamento, condense superficiali, infiltrazioni, disperdimenti energetici.

Ogni aspetto è importante e di estremo interesse tale da essere trattato e approfondito.

Aria di ventilazione

Il primo passo deve essere rappresentato dalla definizione di "aria di ventilazione": per ottenere questo appellativo deve avere le caratteristiche indicate in tabella 39.

Secondo i valori di riferimento la portata minima di aria esterna deve essere non inferiore a 8,5 m³/ora per persona.

Le esigenze di ventilazione sono molto numerose

e dipendono dal tipo di locale e dalla quantità di persone presenti.

Un elenco significativo di occupazioni con le relative ventilazioni è quello di tabella 40 dove si considera la portata minima nel caso in cui siano determinanti le esigenze di risparmio energetico e la portata raccomandabile nel caso in cui siano prevalenti le esigenze di qualità dell'ambiente. La normativa italiana nel campo della ventilazione presenta due documenti significativi:

Legge 373 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici"

Oggi questo strumento viene superato dalle leggi vigenti che ne incrementa le possibilità di intervento e ne varia i contenuti di cui però non esistono i decreti attuativi. Secondo la precedente norma la ventilazione era legata al problema dei disperdimenti energetici ovvero alla quantità di calore necessaria per riscaldare l'aria di rinnovo o di infiltrazione dei locali.

Tabella 39

Inquinante	Concentrazione ammissibile (µg/m ³)		P (1) (h)
	Media annua	Livello di punta (2)	
particelle solide	60	150	24
SO ₂	80	400	24
CO	20.000	30.000	8
ossidanti fotochimici	100	500	1
idrocarburi (escluso CH ₄)	1.800	4.000	3
NO _x	200	500	24
odori		non rilevanti (3)	

(1) periodo di effettuazione (ore)

(2) da non superare più di una volta all'anno

(3) giudicato non rilevante da 6 soggetti su un gruppo di 10 (non esperti)

Il coefficiente che permette di calcolare questo dato è il seguente:

$$C_g = C_d + C_V \text{ [W/m}^3 \text{ °C]}$$

dove:

C_g = coefficiente volumico globale di dispersione termica;

C_d = potenza termica ammissibile per trasmissione attraverso le pareti;

C_V = potenza termica ammissibile per il riscaldamento dell'aria di rinnovo.

Il coefficiente del nostro oggetto è C_V che viene espresso come:

$$C_V = 0,35 \cdot n \text{ [W/m}^3 \text{ °C]}$$

dove:

n = numero di ricambio orari di aria.

La legge per gli edifici prevede che $n = 0,5$ (ovvero pari a metà del volume all'ora).

Se sono presenti zone con "n" diversi è bene mediare questi dati con i volumi corrispondenti con la relazione:

$$C_V = 0,35 \left(n_A \frac{V_A}{V} + n_B \frac{V_B}{V} + n_C \frac{V_C}{V} + \dots \right)$$

dove:

V_A, V_B, V_C sono i volumi lordi delle zone A, B, C e "V" la loro somma.

Legge 584 "Divieto di fumare in locali e mezzi di trasporto"

I locali per l'esenzione del divieto devono essere muniti di impianto di condizionamento con una portata minima di 20 m³/h per persona.

Interessante sono i limiti previsti anche per temperatura ed umidità dell'aria:

$$T_{\text{aria}} = 18 \div 20 \text{ °C;}$$

$$U.R._{\text{aria}} = 40 \div 60\%.$$

Se invece esiste solo un impianto di ventilazione la

Tabella 40

Ambiente (persone/100 m ³)	Occupazione prevista (1)	Portata d'aria di ventilazione (m ³ /h.per persona)	
		Minima	Raccomandabile
uffici generici	10	25,5	25,5-42,5
sale conferenze	65	42,5	51-68
sale disegnatori	21	12	17-25,5
centri meccanografici	32	8,5	12-17
sale perforazione schede	32	12	17-20,5
grandi magazzini			
- reparti di vendita	20-30	12	17,25-25,5
- depositi	5	12	17-25,5
autorimesse chiuse	-	27	36-55 (2)
autofficine (3)	-	27	36-55 (2)
ristoranti			
- sale da pranzo	75	17	25,5-34
alberghi			
- camere da letto	5	12	17-25,5
biblioteche			
- sale di lettura	21	12	17-20,5
ospedali			
- spazi pubblici	54	34	42,5-51
- camere singole e doppie	15	17	25,5-34
- corsie	21	17	26,5-34

(1) parametro indicativo, da utilizzare solo se non è nota la effettiva occupazione del locale.

(2) m³/h per m² di pavimento

(3) le postazioni di prova dei motivi devono essere provviste di sistema di aspirazione dei gas di combustione

portata d'aria deve essere di 32 m³/h per persona con le seguenti limitazioni:

$$T_{\text{aria}} \geq 20^{\circ}\text{C};$$

$$U.R._{\text{aria}} \geq 30\%.$$

L'infiltrazione d'aria: le cause

L'edificio è realizzato con elementi opachi e trasparenti; in entrambi i casi l'infiltrazione d'aria è dovuta a tre cause:

Il vento

La presenza del vento crea sovra pressione sul lato sopra vento e depressione sul lato sottovento.

La sua influenza è sensibile quando la velocità è almeno di 1-2 m/s.

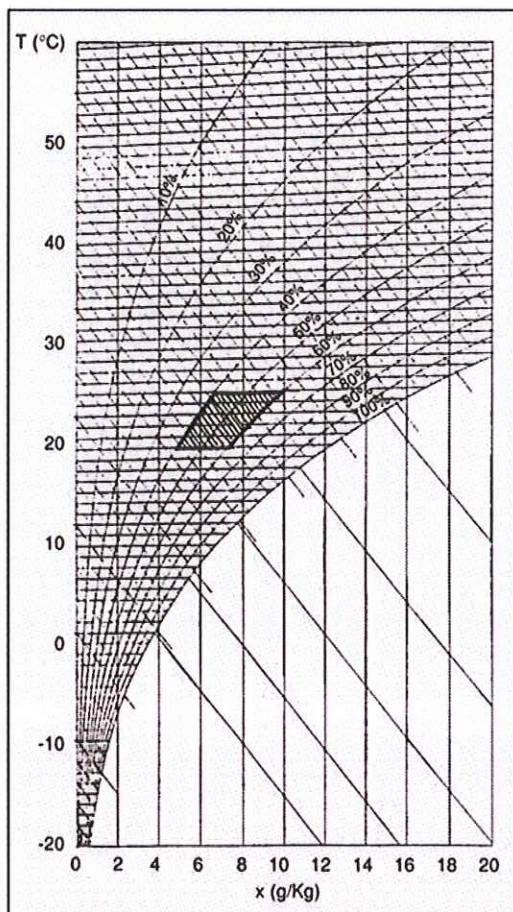


Fig. 52

L'effetto camino

Dovuto alla differenza di pressione fra esterno e interno dell'edificio.

La differenza di pressione è motivata dalla presenza di vento, dal gradiente di temperatura, dall'altezza dell'edificio e dal sistema di riscaldamento.

Eseguendo una media delle condizioni più frequenti si può asserire che l'effetto camino viene quantificato nei valori di una differenza di pressione pari a 30-40 Pa tra esterno e interno.

E anche interessante riportare come esempio che il tiraggio indotto da un vano scale in un edificio a $\Delta T = 18^{\circ}\text{C}$ e di circa 150 Pa.

Sistemi di ventilazione

Essi producono sovra pressioni o depressioni.

Da non dimenticare i camini di antica tradizione ancora oggi perfettamente funzionanti se vengono progettati correttamente, ovvero con un "tiraggio" ottimale.

Questo implica che il locale viene sottoposto a depressione e l'aria filtra attraverso l'involucro dell'edificio. Le infiltrazioni quindi possono avvenire sia attraverso la parte opaca che la parte trasparente.

Esiste un parametro che si addice a descrivere questo fenomeno detto "permeabilità dell'involucro" definito da:

$$Q = C \cdot A \cdot \Delta P^n$$

dove:

- Q = portata volumetrica (m³/h);
- A = area dell'involucro considerato (m²);
- ΔP = differenza di pressione (Pa);
- n = esponente pari a circa 0,65;
- C = permeabilità (m³/h · m² · Paⁿ).

Se venisse riferita al serramento la relazione precedente verrebbe così modificata:

$$Q = C \cdot L \cdot \Delta P^n$$

dove:

- L = lunghezze dei giunti (m);
- C = permeabilità del serramento (m³/h · m² · Paⁿ).

Il valore di C è anche ottenibile più direttamente con le prove di permeabilità all'aria dei serramenti.

La condensa superficiale

Un singolare effetto della ventilazione scarsa degli ambienti è senza dubbio la condensa superficiale, riscontrabile sia su pareti opache che trasparenti; per queste ultime è interessante la condensa superficiale riscontrabile sia sul telaio che sulle vetrate.

L'aria ambiente è caratterizzata da due costituenti: aria secca e vapore d'acqua. La loro miscela determina "l'aria umida" le cui caratteristiche sono descritte dal diagramma di Mollier (Fig. 52). Per definizione, la condensa superficiale si forma quando la temperatura di una superficie a contatto con l'aria ambiente risulta minore o uguale alla temperatura di rugiada delle condizioni termoigrometriche interne.

La temperatura della superficie è funzione delle caratteristiche termiche (conducibilità o trasmittanza) e della temperatura esterna.

In un serramento esterno la condensa superficiale può verificarsi sulla superficie vetrata, sul telaio, oppure in corrispondenza dell'accoppiamento tra telaio fisso e struttura muraria. Il calcolo della temperatura superficiale interna non presenta difficoltà quando il flusso di calore è unidimensionale, ovvero quando l'elemento edilizio è assimilabile a una parete piana: tali condizioni si verificano, ad esempio, nella parte centrale della superficie vetrata, dove non si risente l'effetto di disturbo del telaio. In corrispondenza del telaio e del collegamento telaio-parete la complessa geometria del sistema fa sì che il campo di temperatura sia bi o tridimensionale.

Per un'analisi di prima approssimazione si può tuttavia ritenere che la trasmissione del calore in un serramento sia data dalla somma di due contributi di flusso unidimensionale, uno relativo alla superficie vetrata e uno al telaio; si trascura in questo approccio il contributo della giunzione telaio-parete, che dipende in ogni caso fortemente dalle caratteristiche costruttive della struttura muraria. Ritenendo quindi valida l'ipotesi di unidimensionalità del flusso termico, risulta conveniente introdurre un parametro, detto "fattore di temperatura" (τ), che misura lo scostamento della temperatura superficiale dalla temperatura dell'aria.

Il fattore di temperatura è definito come:

$$\tau = (T_{si} - T_c) / (T_i - T_c)$$

Tabella 41

Attività	Metabolismo (met)
<i>A riposo</i>	
- Dormiente	0,7
- Disteso	0,8
- Seduto, inattivo	1
- In piedi, rilassato	1,2
<i>In cammino in pianura (Km/h)</i>	
- Andatura lenta 3,2	2,0
- Andatura abituate 4,8	2,6
- Andatura svelta 6,4	3,8
<i>Occupazioni varie</i>	
Panificio	1,4 ÷ 2,0
Birreria	1,2 ÷ 2,4
<i>Carpenteria:</i>	
- sega da tavolo	1,8 ÷ 2,2
- sega a mano	4,0 ÷ 4,8
- pialla a mano	5,6 ÷ 6,4
<i>Fonderia:</i>	
- martello pneumatico	3,0 ÷ 3,4
- conduzione di forni	5,0 ÷ 7,0
<i>Autorimessa</i>	
<i>Lavori da laboratorio</i>	
<i>Lavoro d'officina:</i>	
- leggero (ad es. industria elettr.)	2,0 ÷ 2,4
- pesante (ad es. acciaieria)	3,5 ÷ 4,5
<i>Commesso di negozio</i>	
<i>Insegnante</i>	
<i>Orologiaio</i>	
<i>Guida di veicolo</i>	
- auto	1,5
- motocicletta	2,0
- autocarro	3,2
- volo normale	1,4
- atterraggio strumentale	1,8
- combattimento aereo	2,4
<i>Lavori domestici</i>	
- Pulizie	2,0 ÷ 3,4
- Cucinare	1,6 ÷ 2,0
- Lavare e stirare a mano	2,6 ÷ 3,6
- Far compere	1,4 ÷ 1,8
<i>Lavori d'ufficio</i>	
- Dattilografia	1,2 ÷ 1,4
- Generico	1,1 ÷ 1,3
- Disegno	1,1 ÷ 1,3
<i>Svaghi</i>	
- Ginnastica	3,0 ÷ 4,0
- Ballo	2,4 ÷ 4,4
- Tennis, singolo	3,6 ÷ 4,6
- Pallacanestro	5,0 ÷ 7,6
- Lotta	7,0 ÷ 8,7
- Golf	1,4 ÷ 2,6

dove:

T_{si} = temperatura superficiale interna;

T_i = temperatura dell'aria interna;

T_e = temperatura dell'aria esterna.

Applicando le note equazioni dello scambio termico in una parete piana e possibile stimare il fattore di temperatura con l'espressione:

$$\tau = 1 - K/hi$$

dove:

K = trasmittanza termica della parete

hi = coefficiente di scambio termico liminare interno.

Ovviamente, il rischio di formazione di condensa superficiale aumenta al diminuire del fattore di temperatura: serramenti con vetrocamera e telaio isolante (legno, PVC, metallo con taglio termico) correttamente installati avranno valori di τ dell'ordine di 0,8, con rischi di condensa minimi; al contrario, in un serramento con telaio metallico privo di taglio termico, anche se dotato di vetrocamera, in condensa superficiale può facilmente verificarsi poiché il fattore di temperatura è notevolmente più basso.

Tabella 42 - Resistenza termica di diversi tipi di abiti

Abbigliamento	Resistenza termica/clo
Nudo	0
Bikini	0,01
Pantaloncini	0,1
Vestito tropicale abituale (pantaloncini, camicia aperta con maniche corte, biancheria leggera)	0,3
Vestito d'estate leggero (calzoni lunghi leggeri, camicia aperta, con maniche corte, biancheria leggera)	0,5
Vestito invernale	1
Vestito pesante nordeuropeo tradizionale (con gilet, mutande lunghe e maglia con maniche lunghe)	2,2
Vestito da lavoro invernale danese	4
Vestito polare	4

Il benessere dell'ambiente

Un ultimo aspetto della ventilazione è il benessere dell'ambiente che ne viene influenzato in modo considerevole.

I parametri essenziali che influenzano l'equilibrio termico dell'uomo e quindi la sua condizione di benessere sono:

- il livello di attività, dal quale dipende la produzione di calore metabolico del corpo umano;
- la resistenza termica dell'abbigliamento indossato;
- la temperatura dell'aria;
- la temperatura media radiante;
- la velocità dell'aria;
- l'umidità dell'aria.

Le due prime grandezze (la produzione di calore associata al livello di attività e la resistenza termica dell'abbigliamento indossato) possono essere determinate con notevole esattezza con l'ausilio di una camera climatica. La tabella 41 riporta alcuni valori della produzione di calore di un uomo in funzione della sua attività, espressa in met (1 met = 50 kcal/m³h = 58,2 W/m³).

La resistenza termica dell'abbigliamento è misurata mediante un'unità detta "clo", dalla parola inglese clothing, the significa vestito:

(1 clo = 0,18 m²h°C/kcal = 0,155 m² °C/W) ed è riportata in tabella 42 per differenti tipi di abiti.

Le ultime quattro delle sei variabili citate rappresentano le condizioni climatiche dell'ambiente che, in funzione dell'attività esplicata e degli abiti indossati dalle persone, possono venire fissate in modo tale da determinare un benessere termico ottimale.

È opportuno a questo punto precisare che per temperatura dell'aria (t_a) si intende la temperatura media dell'aria nella zona in cui si trova il soggetto.

La temperatura media radiante (t_{mr}) è uguale, approssimativamente, alla temperatura media ponderata delle pareti dell'ambiente, del pavimento e del soffitto.

La velocità dell'aria (V) e la velocità dell'aria relativa al corpo; si tiene cioè conto di eventuali spostamenti del corpo stesso.

Infine, per tener conto dell'umidità dell'aria si fa riferimento alla pressione parziale del vapore d'acqua nell'ambiente (P_a) piuttosto che alla umidità relativa.

Un metodo generalmente adottato per la determinazione del benessere ambientale è rappresentato dall'equazione di Fanger che risulta particolarmente complessa ed elaborata.

7. LE PROVE IN LABORATORIO E IN OPERA

- **Le prove in laboratorio e in opera**

- **Prove in laboratorio**

- Prove meccaniche*
- Sollecitazioni all'utenza*
- Permeabilità dell'aria*
- Resistenza al vento*
- Tenuta all'acqua*
- Potere fono-assorbente*
- Isolamento termico*
- Comportamento al fuoco*

- **Prove in opera**

- Esposizione*
- Zona climatica*
- Altezza dal suolo*
- Materiali costituenti il serramento*
- Giunto vano-serramento*
- Ambiente di installazione*
- Permeabilità all'aria*
- Tenuta all'acqua*
- Resistenza al vento*
- Isolamento acustico*
- Sollecitazioni meccaniche*
- Isolamento termico*
- Banco di prova portatile*
- Gas traccianti*
- Isolamento acustico*
- Prove meccaniche*
- Termoflussometri*

PVC

LE PROVE IN LABORATORIO E IN OPERA

La verifica della progettazione e della produzione del componente serramento rappresenta la fase sperimentale più indicativa per prevedere l'effettivo comportamento in opera.

La sperimentazione condotta in laboratorio e anche in cantiere prevede l'utilizzo di apparecchiature specifiche.

Le prove a cui un componente come la finestra viene sottoposto hanno lo scopo di simulare le azioni dell'ambiente interno ed esterno dell'edificio.

Le procedure sono definite da regolamentazioni precise e secondo normative nazionali e internazionali.

Vengono suddivise in due gruppi fondamentali:

- prove eseguite in laboratorio;
- prove eseguite in cantiere.

Le seconde, di numero inferiore alle prime, descrivono però attrezzature e metodologie più accurate e i dati ricavati devono essere elaborati con maggiore attenzione.

Prove in laboratorio

Vengono eseguite numerose verifiche con particolari apparecchiature realizzate per simulare le effettive sollecitazioni esterne.

Prove meccaniche

Permettono di determinare gli sforzi necessari per la chiusura-apertura delle ante, di simulare le errate manovre fattibili e di esaminare l'efficienza dei dispositivi d'arresto e di bloccaggio. Le apparecchiature utilizzano dei sensori per la misura dello sforzo nell'aprire un'anta oppure nel muovere il sistema di chiusura. Inoltre vi sono alcuni test per verificare la tenuta delle cerniere e di forze applicate eccentricamente.

Sollecitazioni dell'utenza

Permette di definire la resistenza del serramento sottoposto a cicli di apertura-chiusura in base alle esigenze specifiche e alla tipologia.

Permeabilità dell'aria

Definisce i metri cubi per ora d'aria che si infiltrano attraverso i giunti apribili del serramento.

Resistenza al vento

Permette di determinare la resistenza che il serramento offre all'azione del vento. Questo produce effetti di pressione e di depressione causando una deformazione nella struttura che deve essere assorbita.

Tenuta all'acqua

Definisce la tenuta che la finestra presenta in contemporanea di pioggia battente e di vento sulla superficie interessata.

Potere fono-assorbente

Classifica il serramento in base al livello di isolamento acustico presentato durante la prova di tipo sperimentale.

In laboratorio il campione viene inserito in un divisorio fra due ambienti (disturbante e ricevente) e con apposita strumentazione si ricava il potere fonoisolante (vedi Fig. 38).

Isolamento termico

Per i calcoli pratici e necessario ottenere un dato definito come "u" "trasmissione termica" che può essere riscontrato e determinato in laboratorio.

L'apparecchiatura, molto complessa, si avvale di un supporto di riferimento in cui viene installato il serramento poi introdotto fra due ambienti che simu-

Il livello sonoro invece riveste un importante aspetto molto attuale e di difficile trattazione in quanto funzione di molteplici aspetti principali e secondari.

Il serramento è sottoposto a un livello sonoro, generalmente definito rumorosità, variabile in modo indiretto rispetto all'altezza dell'edificio; ad esempio, la rumorosità del traffico diminuisce la propria intensità in funzione della distanza dalla sorgente sonora.

Purtroppo non sempre viene attesa questa variazione di intensità in quanto gli edifici vengono realizzati con distanza troppo ravvicinata e intercalati da vie di comunicazione a piani rialzati. In alcune situazioni invece il fenomeno viene manifestato dalla presenza di passaggi di aeroplani che disturbano in maggior misura i piani alti degli edifici posti nelle immediate vicinanze degli aeroporti oppure dalla presenza di arterie di percorrenza ad alto flusso veicolare. Per questa situazione negli ultimi anni si sono introdotte barriere antirumore che permettono di diminuire il livello sonoro ai piani bassi degli edifici prospicienti, mentre per i piani alti l'intervento sarebbe probabilmente troppo costoso e anche di difficile realizzazione.

Materiali costituenti il serramento

I materiali utilizzati per la realizzazione del serramento sono di basilare importanza per l'ottenimento di buone caratteristiche prestazionali.

Qualità del materiale utilizzato per la conformazione dei profili, materiali dei rinforzi, tecniche di produzione e di assemblaggio, materiali e forme delle guarnizioni, qualità dei sistemi di chiusura sono tutti aspetti che concorrono a una buona riuscita del serramento non solo in laboratorio ma soprattutto in opera.

La combinazione dei differenti materiali con i diversi comportamenti quali ad esempio le deformazioni, la stabilità nel tempo, la rigidità del sistema, la rigidità degli ancoraggi, creano una matrice di risultati finale difficilmente prevedibili.

Viene quindi richiesta un'analisi a posteriori delle prestazioni del serramento stesso.

Giunto vano-serramento

È senza dubbio la discontinuità più difficile a realizzarsi.

Nella generalità dei casi il giunto deve essere eseguito tra due materiali differenti con caratteristiche comportamentali molto differenti, ad esempio vano

murario e serramento realizzato in PVC/legno/alluminio.

Le deformazioni, i moduli di elasticità, la trasmissione termica e sonora imporrebbero singole risoluzioni molto complesse mentre in alternativa vengono attuati giunti tuttofare con caratteristiche differenziate a seconda del materiale utilizzato e della relativa posa in opera.

Ambiente di installazione

È variabile da zona urbana, a zona rurale, a industriale, con caratteristiche ambientali completamente variabili tra di loro.

I materiali utilizzati rispondono in modi differenti in funzione alle sollecitazioni esistenti.

Questi agiscono non solo su fattori estetici ma anche di durabilità e di caratteristiche comportamentali in generale.

Le prestazioni rilevabili in opera, e quindi verificabili in cantiere mediante apparecchiature, sono nella maggioranza simili a quelle realizzabili in laboratorio e questo è sicuramente valido per ciò che riguarda i concetti basilari di verifica.

Permeabilità all'aria

La prova è realizzabile con metodologia simile a quella eseguita in laboratorio.

Tenuta all'acqua

La prova è realizzabile con metodologia simile a quella eseguita in laboratorio.

Resistenza al vento

La prova è realizzabile con metodologia simile a quella eseguita in laboratorio con limitazioni dei carichi applicabili.

Isolamento acustico

La prova è realizzabile con metodologia simile a quella eseguita in laboratorio.

La prova di caratterizzazione acustica può essere condotta con sorgente campione e anche con l'ausilio della rumorosità creata dal traffico per edifici posti in zona con tale presenza costante.

Sollecitazioni meccaniche

Prove di resistenza, di deformabilità, di resistenza

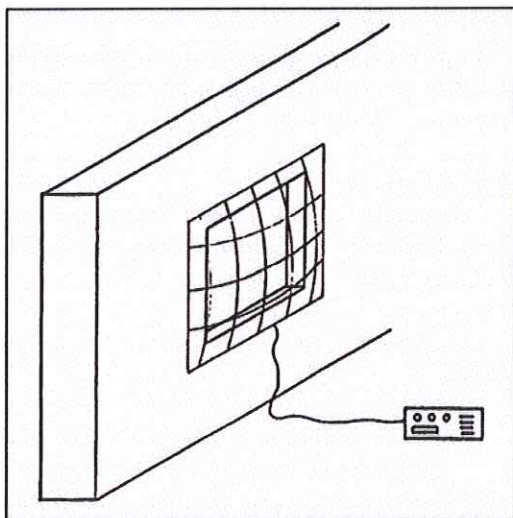


Fig. 53 - Metodologia di prova di permeabilità all'aria e di tenuta all'acqua dei serramenti esterni

delle cerniere possono essere eseguite con attrezzature portatili e utile sarebbe la verifica dopo tempi di utilizzo variabili.

Isolamento termico

La prova è realizzabile in cantiere secondo una metodologia basata sulla misurazione dei flussi termici presenti nel serramento con condizioni al contorno note.

I dati ottenibili devono essere analizzati ed elaborati con estrema cura in quanto sono possibili interfe-

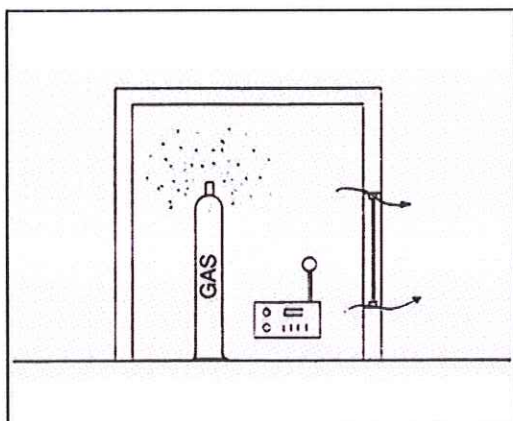


Fig. 54 - Metodologia di prova di permeabilità all'aria dei serramenti col metodo dei gas traccianti

renze di fenomeni non inerenti all'elemento sottoposto a verifica.

Le apparecchiature utilizzate per l'esecuzione delle prove esposte in precedenza si presentano come semplici per alcune e molto complesse per altre. Le prove possono essere suddivise in tre categorie in funzione delle apparecchiature utilizzate.

Banco di prova portatile

Per la verifica di permeabilità all'aria, di tenuta all'acqua e di resistenza al vento.

La Fig. 53 mostra una vista della apparecchiatura posizionata durante l'esecuzione della prova.

E costituita da una parte che viene ancorata alla muratura adiacente il serramento col quale crea una intercapedine in cui, tramite un generatore di pressione (variabile), viene esercitata la pressione desiderata.

Se nell'intercapedine venisse posta acqua in modo opportuno ne scaturirebbe la prova di tenuta all'acqua.

L'esecuzione della prova richiede notevole esperienza per la lettura dei risultati e per l'uso corretto dell'apparecchiatura nonché per la preparazione del campione da utilizzare.

Gas traccianti

Metodologia di prova assai complessa che richiede l'ausilio di apparecchiature costose e di notevole elaborazione (Fig. 54).

I fondamentali, semplicissimi, si basano sulla immissione di gas contenuti normalmente nell'atmosfera in piccole quantità e in quantità note nell'ambiente interno.

In questo, opportunamente sigillato in tutte le possibili zone di infiltrazione dell'aria ad esclusione di quella sottoposta a sperimentazione, viene immesso gas definito tracciante in quanta da una concentrazione massima diminuisce gradatamente a causa dei ricambi d'aria e quindi possibile risalire al valore di permeabilità all'aria del serramento in esame.

Isolamento acustico

La prova tradizionale è fornita dall'altoparlante (o rumorosità presente) poste, nell'ambiente esterno e dirimpetto al serramento. Con formule opportune e con i risultati derivanti dalla analisi del livello sonoro

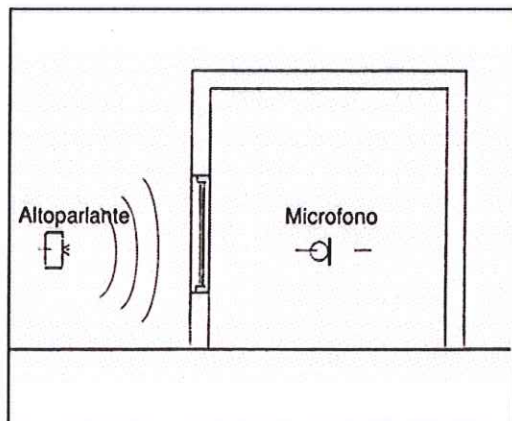


Fig. 55 - Metodologia di prova di permeabilità all'aria dei serramenti col metodo dei gas traccianti

rilevato nell'ambiente interno si ricavano i valori di abbattimento della rumorosità esterna.

I risultati ottenuti sono riferiti all'apporto sia della parte trasparente che della parte opaca e quindi i rispettivi contributi dovranno essere separati per via analitica (Fig. 55).

Un secondo sistema di indagine è rappresentato dall'utilizzo di ultrasuoni per identificare la presenza di fessure che possono lasciare transitare l'onda sonora proveniente dall'esterno.

Naturalmente questa verifica permette di correlare anche le possibili infiltrazioni di aria e di acqua attraverso i giunti esaminati.

Prove meccaniche

Le prove di tipo meccanico vengono realizzate con semplici dispositivi di applicazione del carico e dispositivi di lettura delle deformazioni.

Termoflussometri

Termografia e sonde per rilievo della temperatura e per determinare la quantità di calore che transita attraverso il profilo del serramento.

Le conclusioni possono condurre a due aspetti salienti:

- le prove eseguite in cantiere non sempre concordano con quelle realizzate in laboratorio;
- l'edificio deve essere verificato e collaudato nel momento in cui tutti i singoli componenti sono stati installati e terminati nelle loro procedure di montaggio.

Questi semplici concetti permettono di giungere a una interessante affermazione: l'edificio deve essere classificato in seguito alle caratteristiche valutate in opera.

La normativa quindi deve compiere un salto qualitativo importante, portando tutta l'esperienza attuale in un campo percorso ancora da poche nazioni che, in un prossimo futuro, ci auguriamo venga seguita da numerosi altri Paesi e dall'intera Comunità Europea.

8. IL COLORE DEGLI INFISSI

- **Il colore degli infissi**
- **Colorazione in massa**
Regole generali
- **Il rivestimento con pellicole acriliche**
Il procedimento a freddo
Il procedimento a caldo
- **La coestrusione**
- **La verniciatura**
- **La finitura "imitazione legno"**
- **La produzione separata**
- **La produzione diretta**

PVC

IL COLORE DEGLI INFISSI

Un profilato a base di PVC, sia normale che antiurtizzato, esposto all'azione delle radiazioni solari ultraviolette e infrarosse e al contatto con l'ossigeno dell'aria, presenta un fenomeno di degradazione di tipo fotoossidativo concentrato prevalentemente sulla superficie, dove la tecnologia di colorazione e di additivazione in massa non consente una maggior presenza di stabilizzanti e di agenti che possano bloccare le radiazioni. All'azione suddetta si aggiunge quella del calore. Il processo di degradazione citato consiste nella perdita di molecole di acido cloridrico, con formazione di doppi legami, generalmente coniugati, che portano a un imbrunimento del materiale, accentuato anche dalla formazione di gruppi perossidici.

Il colore consigliato da tutti i produttori di profilati e di serramenti per esterno in PVC è il bianco, perché è evidente che esso offre la migliore garanzia della tenuta del colore nel tempo e della stabilità dimensionale. Il colore bianco rappresenta ancora oggi l'80-85% dei consumi totali e ciò è dovuto alla estrema solidità dei pigmenti, cui si aggiunge una tradizione ovunque consolidata. Il colore bianco presenta infatti nel tempo un decadimento del tutto accettabile, che si limita a una leggera diminuzione della brillantezza.

L'impossibilità di un'ampia scelta di colori è stata certamente di ostacolo allo sviluppo dei serramenti per esterni di PVC, in quanto difficoltà nei colori possono significare perdite di vendite, soprattutto in paesi come l'Italia dove ancora sussiste una certa diffidenza verso le finestre realizzate con questo materiale plastico.

I colori richiesti, diversi dal bianco e dalle tinte pastello, sono stati nel tempo il Marrone testa di moro e l'imitazione legno, cui hanno fatto seguito il verde bandiera, il grigio, l'oliva e il rosso.

Colorazione in massa

Il metodo classico per introdurre il colore nei profili in PVC è rappresentato dalla colorazione in massa.

Questo indica che il pigmento colorato viene miscelato con il materiale e che quindi il profilo è tutto dello stesso colore.

Regole generali

Le indicazioni qui riportate sono valide sia per profili colorati in massa, sia per profili rivestiti con pellicola di tipo acrilico, sia per profili coestrusi o verniciati.

Più un profilo è scuro, più alto è l'assorbimento del calore; infatti le superfici bianche raggiungono una temperatura fino a circa 50°C, mentre i profili colorati possono raggiungere nelle stesse condizioni anche i 75°C.

È quindi necessario tener conto di ciò nel progettare e nel costruire finestre con profili colorati.

Per quanto riguarda lo stoccaggio e la movimentazione dei profilati, si seguono le indicazioni suggerite per i profili bianchi. È necessario però ricordare che i danni superficiali (segni, rigature, scalfitture, ecc.) risultano più evidenti sul colore che sul bianco e di conseguenza è necessario, per i profilati in tinta, maggiore cura e precisione durante tutto il ciclo di lavorazione.

Per motivi strettamente tecnici, sui profili colorati possono verificarsi delle lievi tolleranze di variazione della colorazione tra una partita di produzione e un'altra.

Inoltre l'occhio umano reagisce in modo più sensibile ai colori scuri, quindi anche delle piccole differenze di brillantezza potranno influire sull'aspetto colore.

Per tutti questi motivi, prima di effettuare le operazioni di taglio è opportuno controllare con meticolosità le barre di profilati colorati da lavorare nell'ambito della stessa commessa di produzione. Il taglio dei profili viene effettuato secondo le indicazioni fornite per il bianco, ricordando di prestare molta attenzione al controllo degli aspetti dimensionali.

Come per i profili bianchi, anche le finestre costruite con profili colorati devono essere provviste di rinforzi metallici. Tutti i profili principali devono essere rinforzati (ante, telai, traversi) indipendentemente dalla tipologia e dalla dimensione della finestra. I rinforzi devono essere avvitati al profilo con viti ogni 250 mm.

La saldatura deve essere effettuata come per i profili bianchi. Assicurarsi che la temperatura e la pressione di saldatura e il tempo di fusione siano rispettati con precisione. Il regolare controllo della robustezza dell'angolo saldato attraverso le prove garantirà la costanza qualitativa della saldatura. Nel caso di profili rivestiti con pellicola e coestrusi con PMMA, è d'obbligo l'utilizzo di riduttori di cordolo.

La pulizia della saldatura avviene per i profili colorati in massa nella maniera tradizionale.

Per quanto riguarda il montaggio della ferramenta, a causa dei maggiori coefficienti di dilatazione, si consiglia di usare maggiori tolleranze.

Quando poi si applicano i vetri, ci si deve assicurare che la pressione di contatto non sia eccessiva. Prima di iniziare la vetratura è necessario controllare lo spessore del vetro ed eventualmente scegliere una guarnizione per il vetro di uno spessore più sottile. Le finestre colorate hanno coefficienti di dilatazione più alti rispetto alle finestre bianche. Quindi devono essere posate in modo tale da permettere il movimento dovuto alla dilatazione.

La distanza dei punti di fissaggio dall'angolo esterno del telaio fisso o dal centro di un montante o traverso non può essere meno di 250 mm. La distanza tra gli stessi punti di fissaggio non deve essere superiore ai 600 mm. I punti di fissaggio devono essere posti vicino alle cerniere o ai punti di chiusura.

Il film protettivo deve essere rimosso immediatamente dopo la posa della finestra.

La pulizia dei profili e della finestra colorata dopo la posa deve avvenire con quelle precauzioni viste per il bianco; da evitare assolutamente i solventi.

È possibile constatare come la tecnica per la produzione dei profili colorati in PVC sia discretamente complessa. Inoltre le evoluzioni in atto precludono a soluzioni interessanti. Sembra che due siano le tendenze più accreditate: il rivestimento con pellicole acriliche e la verniciatura.

Le motivazioni sono molteplici a favore dell'una o dell'altra soluzione, ma in entrambi i casi è necessario che si giunga ad un processo che garantisca il componente per un periodo sufficiente per ottimizzare il rapporto costo/manutenzione.

I produttori di pigmenti hanno cercato di risolvere il problema della resistenza alla luce, prendendo in esame famiglie di prodotti molto più solidi, ma anche tenendo presente le possibili interazioni con altri componenti delle mescole, quali stabilizzanti, lubrificanti e cariche. I pigmenti possono essere di due tipi: gli inorganici che per resistere maggiormente alla luce dovrebbero essere impiegati in concentrazioni relativamente forti, con possibili inconvenienti nell'estrusione e nella saldatura, e gli organici che si comportano molto meglio in tal senso, con minor necessità di forti concentrazioni, ma hanno costi in molti casi inaccettabili.

Spinti da ragioni commerciali e di prestigio alcuni produttori hanno tentato di percorrere strade diverse dalla colorazione in massa, con procedimenti di altro tipo, che si basano in ogni caso sulla concentrazione in superficie dei pigmenti e degli agenti o componenti che limitano l'azione termofotoossidativa delle radiazioni solari. Si tratta di sistemi di trattamento superficiali, che alcuni definiscono in modo improprio di "nobilitazione", che verranno presi in esame in questo capitolo, con un discorso separato per quanto riguarda la finitura "imitazione".

Il rivestimento con pellicole acriliche

Il procedimento a freddo

Questo sistema consiste nell'applicare sulla superficie dei profilati, generalmente bianchi, un foglio multistrato di rivestimento, avente uno spessore totale di circa 200 micron: si tratta di un film di PVC, colorato con pigmenti stabili alla luce, sul quale è stata applicata una pellicola di polimetilmetacrilato PMMA trasparente, che apporta una ottima resistenza agli agenti atmosferici e alle radiazioni ultraviolette. In alternativa la pellicola finale può essere sostituita

da una applicazione a spruzzo di una speciale vernice acrilica trasparente avente il medesimo effetto protettivo. Il foglio multistrato di rivestimento viene applicato per incollaggio sulla superficie del profilato, mediante adesivi ed apparecchiature speciali: il substrato e il foglio, pretrattati con l'adesivo e leggermente riscaldati per attivare la colla, vengono accoppiati per mezzo di rulli, che possono operare contemporaneamente sul lato esterno e su un fianco del profilato. L'operazione di incollaggio è piuttosto delicata e la sua buona esecuzione è decisiva per il risultato finale. Come si è detto, il profilato deve essere trattato con l'adesivo opportunamente diluito, che opera come un primer penetrando nei pori del PVC. L'accoppiamento per mezzo dei rulli con i fogli anch'essi pretrattati con l'adesivo viene a creare un forte legame collante-collante.

Per l'ottenimento dei migliori risultati occorrono una grande esperienza e ottime macchine, che sono generalmente di produzione tedesca: particolarmente importante è la necessità di una applicazione perfettamente piana e uniforme del foglio, senza che vengano cioè a formarsi eventuali bolle d'aria, non immediatamente visibili.

Il procedimento a caldo

Questo sistema consiste invece nell'applicazione di una pellicola sottilissima (di soli 3 micron di spessore), pigmentata nel colore desiderato. Il film viene fornito in bobina, supportato su un foglio di altro materiale, che viene staccato al momento dell'applicazione mediante l'azione di una macchina svolgitrice: il film viene riscaldato rapidamente fino a 180-200°C per mezzo di rulli che rammolliscono anche la superficie di PVC, per cui i due materiali vengono a saldarsi in modo permanente. Se l'operazione viene effettuata in linea con l'estrusione, il rivestimento si applica prima della calibratura del profilato. L'assenza di adesivi comporta minori difficoltà rispetto al procedimento a freddo e apporta una maggiore durata nel tempo. In entrambi i sistemi, a freddo o a caldo, la preparazione della superficie del profilato è di notevole importanza, soprattutto quando esso viene prelevato dal magazzino. Onde eliminare tracce di sporcizia e di grasso, nonché di residui di scivolanti, di antiossidanti e di altri ausiliari di estrusione si può ricorrere a lavaggi con solventi, anche in

fase vapore, o a sgrassaggi con soluzioni alcaline, seguiti da neutralizzazione acida e risciacquo con acqua, anche demineralizzata, e da un'essiccazione finale.

I sistemi di rivestimento con pellicole acriliche non appaiono ancora molto diffusi, se non nel caso della finitura imitazione legno di cui parleremo più avanti. L'applicazione dei fogli con entrambi i procedimenti può essere effettuata in modo ottimale in linea, immediatamente dopo l'estrusione, e si possono raggiungere velocità di produzione praticamente simili a quelle che si hanno con il sistema di coestrusione che esamineremo in seguito. È però doveroso notare che il PMMA presenta l'inconveniente di essere molto sensibile al contatto con i solventi e con i prodotti che si possono incontrare in cantiere, come gesso, calce e cemento, nonché con materiali di pulizia quali alcool metilico ed etilico e acetone. Deve anche essere evitato il contatto con guarnizioni contenenti plastificanti, come quelle a base di PVC, e con sigillanti che contengano sostanze capaci di liberare le tensioni interne.

La coestrusione

Questo procedimento di trattamento superficiale dei profilati di PVC consiste nella estrusione contemporanea di uno strato sottile (0,51-1,2 mm) e molto uniforme di polimetilmetacrilato PMMA sul lato esterno del corpo del profilato di PVC, mediante una trafilatura bivate munita di un unico bocchettone. La coestrusione richiede una particolare configurazione della filiera che solo alcuni produttori specializzati propongono. Il PMMA, anche senza particolari agenti protettivi o assorbenti delle radiazioni ultraviolette, è, tra quelle attualmente conosciute, la materia plastica maggiormente resistente alle intemperie; i pigmenti dei quali è caricato in percentuali piuttosto forti lo strato esterno risultano molto più solidi alla luce a causa dell'azione del PMMA, per cui non occorre usare tipi particolarmente costosi, come quelli che sarebbero necessari nella colorazione in massa. Da prove sperimentali di esposizione eseguite all'aperto in climi dell'Europa Centrale e di invecchiamento artificiale allo Xenotest è stato possibile affermare che dopo un'esposizione di 10-15 anni non sono da attendersi variazioni visibili e che quindi è possibile concedere con la massima tranquillità la garanzia richiesta di 5 anni e anche di più.

La temperatura che il profilato può raggiungere è, come si è detto all'inizio, di notevole importanza. Di regola, nella coestrusione lo strato esterno di PMMA pigmentato viene estruso al di sopra di un substrato di PVC bianco, per cui si verifica il seguente fenomeno: delle radiazioni solari una parte della luce visibile viene assorbita dal pigmento, mentre i raggi infrarossi passano attraverso lo strato di PMMA e vengono riflessi dal fondo bianco, per poi riattraversare verso l'esterno lo strato di copertura.

La verniciatura

Si tratta del più antico e noto procedimento impiegato per la protezione dagli agenti atmosferici dei serramenti in legno; nel caso del PVC, a differenza del legno, la funzione di questa finitura è essenzialmente decorativa e permette di realizzare qualsiasi gamma di colorazioni.

Importante è anche la possibilità di verniciare serramenti già completamente montati, senza dover ricorrere ad eventuali ritocchi nelle zone termosaldate. È possibile inoltre ripristinare l'aspetto cromatico degli infissi usati, i quali, per la natura stessa del PVC, non hanno sofferto di un'alterazione profonda e spesso irreparabile, come può avvenire con il legno, ma soltanto di una eventuale degradazione superficiale del colore. Si deve anche tener presente che in linea di massima un colore diverso dal bianco è richiesto soltanto sul lato del serramento posto verso l'esterno.

La possibilità di realizzare con opportune vernici qualsiasi colorazione, nonché effetti speciali quali metallizzati, bronzati, opachi, ecc. e profili e disegni anche a più colori, rende molto interessante questo procedimento: esso appare inoltre particolarmente versatile, per la possibilità di produzioni molto limitate e per la conseguente riduzione delle giacenze a magazzino.

Importante è la natura del legante della vernice, che nella maggior parte dei casi è di tipo poliuretano a due componenti, la cui miscelazione deve essere seguita al momento dell'uso, dato il tempo di stabilità della miscela piuttosto breve. Nella formulazione sono spesso introdotti agenti di assorbimento delle radiazioni ultraviolette, che apportano una ulteriore garanzia di tenuta della brillantezza e della integrità della pellicola di vernice nel tempo.

L'additivazione con agenti antigraffio, unitamente alla già elevata durezza delle vernici di questo tipo, evita danneggiamenti durante l'imballaggio e la movimentazione.

I pigmenti e gli eventuali agenti opacizzanti vengono scelti dai produttori di tali vernici specifiche sulla base della esperienza che essi hanno acquisito in altri settori applicativi, dove sono richiesti almeno cinque anni di resistenza all'esterno. Non è da escludere anche la possibilità di applicare una vernice trasparente colorata la quale, come nel caso della coestrusione, serve a proteggere e a creare una tinta pastello sul substrato bianco tinto in massa.

In linea generale sarebbe necessario che l'allungamento a rottura del film finito fosse nettamente superiore a quello del substrato di PVC, soprattutto quando quest'ultimo fosse del tipo elasticizzato, onde evitare, in caso di urti o di deformazioni del profilato, la formazione di screpolature e di rotture del film. E da ricordare però che, come si è detto in precedenza, la dilatazione termica del PVC, notoriamente più elevata rispetto a quella del legno e dei metalli, viene totalmente neutralizzata mediante l'impiego ormai universale dei rinforzi metallici.

La preparazione della superficie del profilato è anche in questo caso abbastanza critica se si vuole garantire una ottima adesione nel tempo della vernice: si effettua con vari procedimenti analoghi a quelli descritti nel caso del rivestimento con pellicole acriliche, ai quali talvolta si può aggiungere un trattamento ionizzante antistatico. Può essere effettuata a mano o per mezzo di rulli, ma quando si abbiano lavorazioni su scala industriale e ad alta resa, con partite di grande volume, è indispensabile ricorrere al procedimento a spruzzo.

Un procedimento automatico ad alta produttività, cui tendono i produttori più avanzati, comprende una verniciatura in linea, collegata direttamente alla vasca di raffreddamento dopo l'estrusore: in tal caso l'impianto deve essere totalmente sincronizzato nelle sue diverse unità e può anche essere ottimizzato dal punto di vista energetico e cioè con un recupero del calore.

La lavorazione in linea può anche avvenire con alimentazione da magazzino e in tal caso viene inserito anche un trattamento preliminare di preparazione della superficie, prima della cabina di spruzzatura.

La finitura "imitazione legno"

Attualmente quasi tutti i produttori di profilati, anche italiani, offrono trattamenti superficiali imitazione legno di vario tipo, nei colori mogano, noce chiaro e scuro, pino, ecc., onde completare per motivi commerciali la propria gamma, spesso in sostituzione del colore testa di moro. I procedimenti di realizzazione di questa particolare finitura sono sostanzialmente due: una produzione separata e cioè successiva alla trafilatura e una produzione diretta cioè contemporanea.

La produzione separata

In questo caso, dove l'esperienza degli operatori tedeschi è stata determinante, si hanno i seguenti procedimenti:

- il rivestimento a freddo si basa sull'applicazione di fogli multistrato, molto simile a quella dei fogli analoghi monocolori di cui si è parlato in precedenza, ma con la differenza che il foglio base di PVC riporta delle venature di colore nero o testa di moro riprodotte con sistema fotografico sul fondo colorato, e può talvolta presentare una superficie leggermente gofrata. Per il sistema di applicazione con l'adesivo si rimanda al paragrafo relativo al rivestimento con pellicole acriliche;
- il rivestimento a caldo è anch'esso molto simile a quello illustrato nel suddetto precedente

paragrafo, con la sola differenza che il sottile foglio acrilico presenta già l'aspetto finto legno desiderato;

- la verniciatura consiste invece in una applicazione per mezzo di un rullo di una mano di primer di colore del fondo, seguita da un processo di tipo offset di inchiostratura in un colore contrastante con quello del fondo, al fine di creare l'effetto delle venature. Dopo di che si applica, mediante un altro cilindro, uno strato di vernice acrilica protettiva trasparente, che apporta il grado di brillantezza desiderato;
- l'impiallacciatura con uno strato di legno autentico è un'altra possibile soluzione, peraltro poco seguita.

La produzione diretta

In questo caso il profilato esce già con l'aspetto imitazione legno dall'estrusore. Il procedimento consiste nell'estrudere una miscela opportunamente dosata di granuli di PVC.

Il procedimento di coestrusione, nel quale si ha uno strato interno di PVC e uno esterno di PMMA in granuli di diverso colore, crea le venature imitazione legno. Lo strato rimane molto stabile alla luce e, come si è accennato parlando della coestrusione, dato il suo sensibile spessore può essere levigato e riportato all'aspetto originario in caso di graffiature o di attacco chimico.

9. LE APERTURE INTELLIGENTI

- **Le aperture intelligenti**
- **Automazione**
 - Sensori*
 - Onde convogliate*
 - Sistemi senza fili*
 - BUS*
 - Sensori elettromeccanici*
 - Rilevatori a contatto magnetico*
 - Sensori di vibrazione*
 - Sensori microfonici*
 - Pannelli a cristalli liquidi*
 - Rilevatori di fughe di gas*
 - La finestra intelligente*
- **Energia**
 - Ridurre i bisogni energetici di un edificio*
 - Il ricambio d'aria*
 - Parametri progettuali*

RVC

LE APERTURE INTELLIGENTI

I serramenti si prestano in modo particolare alla definizione di "intelligenti" per le loro caratteristiche e le loro prerogative utilizzabili in questo settore.

Per intelligenti si intende un componente in grado di assolvere alcune prestazioni in modo automatico o semiautomatico.

Tali prestazioni possono così essere elencate:

- salita - discesa con elementi di oscuramento esterno;
- apertura e chiusura serramento;
- controllo ventilazione;
- collocazione sensori antifurto, antincendio, temperatura, umidità relativa;
- controllo disperdimenti energetici;
- controllo rumorosità esterna ed interna;
- controllo luminosità entrante.

Due sono gli aspetti che maggiormente destano interesse: il processo di automazione e il controllo dell'energia.

Automazione

Ogni funzione elementare è caratterizzata da tre componenti: l'elemento sensore che rileva l'evento, l'elemento "intelligente" che lo analizza e l'elemento attuatore che interviene modificando la situazione ritenuta anomala. In un sistema di controllo della temperatura, ad esempio, se la sonda o il sensore di zona rileva un aumento della temperatura ambiente è necessario diminuire l'erogazione del calore.

Sensori

Il sensore comunica alla centralina di controllo l'aumento di temperatura e questa, dopo aver vagliato l'informazione, spegne la caldaia oppure agisce su un organo di regolazione (pompa di circolazione, valvola motorizzata, ecc.). La stessa cosa, naturalmente,

accade per gli altri sistemi come quello antifurto o quello di rilevazione delle fughe di gas.

Gli elementi direttamente a contatto con gli eventi, le scintille dei sistemi di gestione, sono i sensori. Ora è chiaro che aumentando le funzioni di controllo e gestione aumenta la necessità di installare dei sensori e quindi di collegarli, con un sistema trasmissivo, alla centralina di controllo. Il sistema di collegamento più semplice è quello che si effettua attraverso una coppia di fili che partendo dalla centralina di controllo si connettono ai vari sensori.

Nei collegamenti di questo tipo, in realtà, è possibile realizzare dei loop, dei circuiti ad anello nei quali più sensori possono essere collegati in serie.

Onde convogliate

Una alternativa al collegamento diretto tradizionale è quella rappresentata dalle onde convogliate, molto utilizzate nei sistemi ad uso domestico e residenziale.

Come mezzo di trasmissione viene impiegato il normale impianto elettrico.

Ogni componente ha un codice, e si è in questo modo sicuri che l'informazione inviata dalla centralina, percorrendo la rete elettrica giunga alla corretta destinazione. Ogni componente terminale (sensore o attuatore) è a sua volta dotato di un decodificatore.

I sistemi ad onde convogliate della prima generazione a volte sbagliavano indirizzo. Quelli attuali, invece, sono dotati di un doppio sistema di trasmissione: quando il segnale viene inviato a destinazione, il componente che lo riceve invia a sua volta una segnalazione di conferma, e sbagliare è praticamente impossibile.

La flessibilità dei sistemi ad onde convogliate è notevole, specie se l'impianto elettrico è dotato di

parecchie prese. Variando la posizione del terminale, infatti, non varia l'indirizzo di destinazione dell'informazione.

Sistemi senza fili

Una alternativa alle onde convogliate sono i sistemi completamente senza fili, nei quali il comando avviene a distanza con funzionamento a raggi infrarossi.

BUS

I tre sistemi sopra citati sono adatti a sopportare situazioni in cui il numero dei sensori o degli attuatori installati non è elevato.

Il sistema che invece sembra prevalere, grazie anche alla sua semplicità concettuale e, soprattutto, alla sua flessibilità, è il BUS.

I vantaggi offerti da questa tecnica di trasmissione sono enormi.

La trasmissione dei dati, a partire dai sensori che controllano i diversi parametri, o dagli interruttori che trasmettono gli ordini agli azionatori inseriti nelle apparecchiature comandate, si può fare attraverso un BUS (Binary Unit System) che è in pratica un cavo telefonico che permette la trasmissione dei dati tra le apparecchiature collegate. Si tratta di un sistema (sensore, automatismo, azionatore) che dispone della capacità di elaborare e decidere singolarmente, in funzione di programmi prestabiliti e senza che sia necessario passare attraverso un'unità centrale.

Il progetto BUS è tutt'altro che remoto. Venticinque aziende europee, tra le quali la Legrand, la BiTicino, la Siemens e l'AEG, hanno sottoscritto una intesa per proporre al mercato un sistema di installazione evoluto, operativo e affidabile.

L'associazione, chiamata ELB (European Bus Association), si è posta come obiettivo non solo di proporre il suo sistema come standard sul mercato europeo, ma anche di fare del marchio ELB una garanzia di qualità.

Parallelamente altre aziende, ugualmente importanti come la Nuova Magrini Galileo, la Ave, la Elkron e la Landis & Gyr, tanto per citarne alcune, si sono consorziate creando uno standard alternativo, il BatiBUS, che vanta sin da oggi migliaia di installazioni.

Sensori elettromeccanici

Molti dei componenti comunemente utilizzati per l'automazione degli edifici, ed in modo particolare i sensori, possono essere installati direttamente sul serramento.

I sensori che normalmente vengono montati direttamente sul serramento sono i sensori elettromeccanici e a contatto magnetico che segnalano lo stato di allarme utilizzando l'azionamento meccanico di un contatto.

I rilevatori di apertura elettromeccanici, detti anche microcontatti, sono dei sensori che si mettono in stato di allarme per il movimento in apertura di una porta o di una finestra.

Fanno parte della famiglia dei sensori elettromeccanici i rivelatori ad interruzione di collegamento: sono costituiti da un collegamento stabilito da un filo sottile o da una sottile striscia conduttrice riportata sul vetro o sulla superficie da proteggere: la segnalazione di allarme è data dalla rottura del filo o della striscia a seguito di tentativi di interruzione o di scasso.

Tra i sensori elettromeccanici, infine, vanno segnalati quelli che si usano per proteggere le tapparelle.

I più diffusi sono quelli costituiti da un avvolgitore, installato all'interno del cassonetto, al quale è collegato un filo di nylon fissato alla sua estremità alla stecca terminale della tapparella.

Quando questa viene abbassata il filo si srotola ed il sensore interno all'avvolgitore stabilisce una condizione di equilibrio che viene variata: ecco allora che scatta l'allarme, non appena il ladro tenta di sollevare la tapparella stessa.

Rilevatori a contatto magnetico

I rilevatori a contatto magnetico, che utilizzano un principio di funzionamento completamente differente, sono costituiti essenzialmente da due parti, una delle quali è un magnete permanente.

Una parte del sensore viene montata sul telaio del serramento mentre l'altra, il magnete permanente, viene invece montata sulla parte mobile (l'anta). L'allontanamento delle due parti, come ad esempio l'apertura dell'anta, provoca la segnalazione di allarme.

Questi sensori, se montati su strutture metalliche, perdono notevolmente la loro sensibilità.

Sensori di vibrazione

I sensori di vibrazione sono dispositivi che, se applicati alla superficie del serramento, sono in grado di sentire le eventuali vibrazioni provocate da un tentativo di scasso.

Sensori microfonici

I sensori microfonici dei vetri sono dei particolari sensori che vengono utilizzati per proteggere le superfici dei vetri. Sono costituiti essenzialmente da una capsula microfonica che rileva le frequenze generate al momento della rottura del vetro dando la segnalazione di allarme.

Pannelli a cristalli liquidi

Una delle innovazioni tecnologiche più recenti in fatto di vetri propone delle lastre che possono diventare opache o completamente trasparenti in tempo reale: basta girare un bottone.

Si tratta di vetri particolari nei quali l'elemento base è un film a cristalli liquidi incapsulati.

Quando l'interruttore è spento, quindi in assenza di tensione, le sferette con cristalli liquidi, disposte casualmente, impediscono alla luce di attraversare il film; accendendo l'interruttore invece, le sferette si allineano e si ottiene la condizione di trasparenza. Il costo di questi pannelli, abbastanza elevato, nel giro di pochi anni potrebbe scendere.

Per l'automazione dei serramenti sono naturalmente disponibili sistemi elettrici per alzare o abbassare avvolgibili, schermi oscuranti e motorizzati di ogni tipo per aprire o chiudere in modo del tutto automatico le ante dei serramenti stessi.

Rilevatori di fughe di gas

I componenti sino ad ora descritti trovano la loro collocazione fisica proprio sulla finestra. Altri componenti, pur essendo montati all'esterno della finestra (dentro o fuori il locale) hanno con la finestra un legame comunque funzionale.

È il caso, ad esempio, dei rilevatori di fughe di gas che potrebbero automatizzare, attraverso la centralina di controllo, l'apertura del serramento stesso, o l'attivazione di un ventilatore ad esso integrato, per ricambiare l'aria.

La finestra intelligente

È abbastanza difficile immaginare l'aspetto fisico di una finestra intelligente. Non è detto, infatti, che una finestra debba essere equipaggiata con tutti gli accessori e i componenti appena descritti.

La finestra intelligente, specie quando è ricca di funzioni, può essere concepita come un monoblocco nel quale la parte bassa è occupata da una serranda motorizzata, per consentire un controllo della ventilazione, e da un ventilatore.

Nella parte superiore, quella trasparente, il suo aspetto sarà molto simile a quello di una finestra tradizionale. Indispensabile, ovviamente, l'interfaccia con il sistema di automazione.

Tralasciando queste considerazioni, senza dubbio limitative, è molto più utile concepire la finestra intelligente in relazione a quello che è in grado di fare. Per focalizzare meglio questi aspetti è stata costruita una matrice che confronta i dispositivi che possono equipaggiare una finestra con i sottosistemi funzionali che possono essere coinvolti nei processi di controllo e gestione.

Lo scopo di questa rappresentazione incrociata è anche quello di evidenziare le sinergie che possono emergere da una finestra intelligente quando questa non è concepita come componente di un sistema di automazione.

L'automazione della ventilazione forzata, ad esempio, può controllare, è vero, il ricambio d'aria, ma può anche contribuire al raffrescamento estivo: quando la temperatura dell'aria esterna è più fresca, infatti, è conveniente attivare una ventilazione raffrescante. La presenza di un sistema di ventilazione forzato, infine, può essere utile anche in caso di rilevazione di fughe di gas o di rilevazione di presenza di fumo per il "lavaggio" dell'aria ambiente.

Di particolare importanza il sottosistema che riguarda la sicurezza personale, intesa come controllo sulla salute dell'individuo residente. Un semplice contatto alla finestra, ad esempio, può essere utilizzato per prevenire tentativi di intrusione, ma, se gestito in modo "intelligente", può essere anche un ottimo indicatore del fatto che le finestre vengono quotidianamente aperte, quindi che la persona che occupa l'appartamento, specie se è anziana, gode ottima salute.

Una tecnologia che permette di ottenere una risposta positiva sia alla riduzione dei consumi energetici sia alla personalizzazione del ricambio d'aria è rappresentata dall'isolamento dinamico.

Anche in questo caso si sono identificate tre linee strategiche di identificazione del sistema:

- minimizzare le dispersioni dovute alle infiltrazioni d'aria;
- regolazione dei ricambi d'aria nei tempi e nelle quantità desiderate;
- migliorare il comportamento globale e in particolare energetico del serramento.

L'attributo "dinamico" associato all'isolamento termico dell'involucro di un edificio riconosce a quest'ultimo la capacità di modificare la sua caratteristica principale che è la trasmittanza.

La realizzazione pratica di questa variabilità è stata ottenuta mediante un artificio.

Il calore che attraversa una parete è proporzionale al salto di temperatura tra superficie interna ed esterna mediante un coefficiente definito conduttanza (Fig. 56).

La relazione che regola questo effetto è la seguente:

$$\theta = C (T_i - T_e)$$

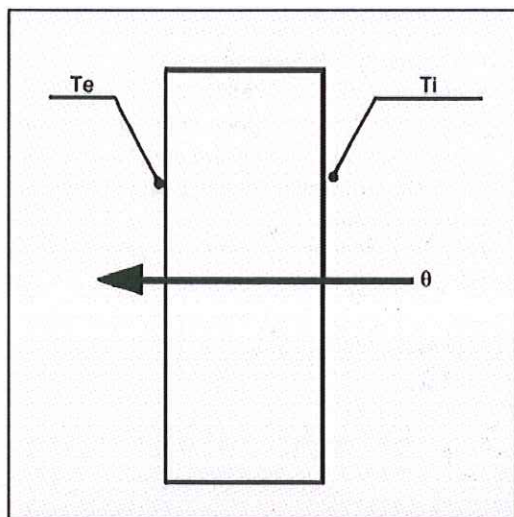


Fig. 56

dove:

θ = flusso di calore;

C = conduttanza;

Ti = temperatura interna;

Te = temperatura esterna.

Supponendo di realizzare una parete con C nota, è possibile ridurre il flusso di calore che la attraversa semplicemente innalzando il valore di Te.

Una soluzione molto istintiva, ma sicuramente non geniale, è la possibilità di innalzare la temperatura esterna per risparmiare nelle spese di riscaldamento dell'ambiente interno.

L'alternativa è rappresentata dall'artificio di innalzare la temperatura esterna della parete utilizzando una sorgente di calore, come ad esempio l'aria di rinnovo dei locali.

Sorgente a bassa temperatura ma a costo zero.

Quindi si può introdurre il concetto di riduzione apparente della trasmittanza termica totale con una intercapedine avente aria a T Te.

L'involucro entra nella gestione dei flussi di ventilazione con due funzioni:

1) l'intercapedine è attraversata da aria di espulsione (Fig. 57);

2) l'intercapedine è attraversata da aria esterna che da una parte aumenta la trasmittanza della parete ma dall'altra si ottiene un'aria preriscaldata (Fig. 58).

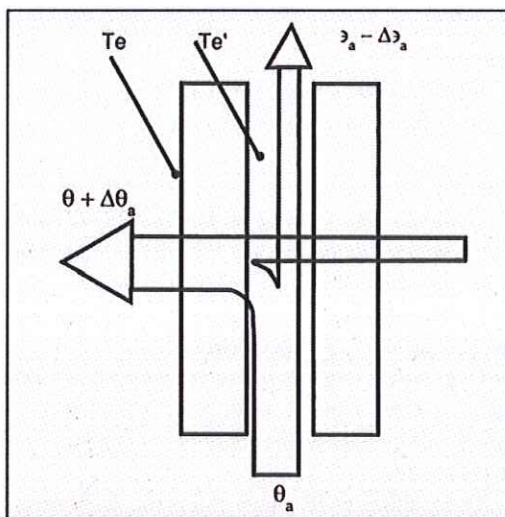


Fig. 57

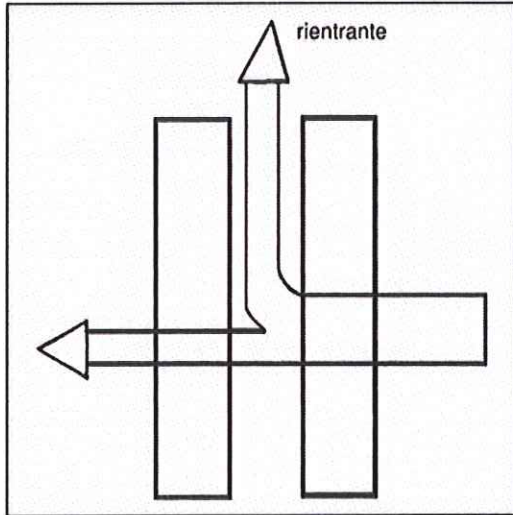


Fig. 58

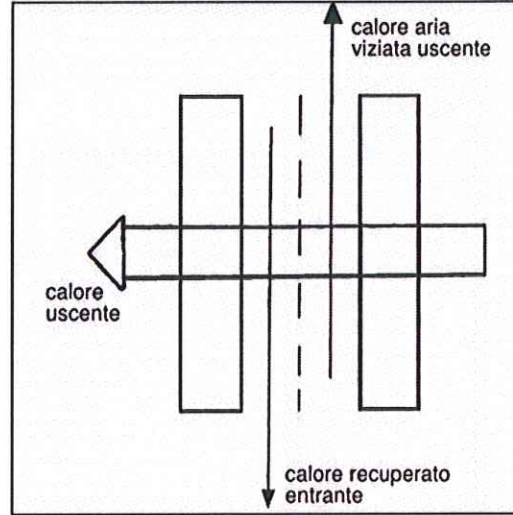


Fig. 59

È possibile sommare i due effetti ricordati trasformando l'involucro esterno come una sorta di scambiatore (Fig. 59).

A tutto quanto esposto deve essere sommato il fattore trasparenza del componente.

Parametri progettuali

I parametri importanti per la corretta progettazione possono essere sintetizzati in:

Trasmittanza termica data dalla relazione:

$$\varnothing = u (T_i - T_e)$$

Preriscaldamento dell'aria transitante nell'intercapedine:

$$P = Q - C_p - (T_s - T_e)$$

dove:

Q = portata aria;

C_p = calore specifico;

T_s = temperatura aria in uscita dalla intercapedine.

Trasmissione luminosa:

$$TL = \frac{R_i}{R_e}$$

dove:

R_i = energia trasmessa

R_e = energia incidente.

Trasmissione solare:

$$TT = \frac{FTE}{R_e}$$

dove:

FTE = Flusso termico entrante.

Rendimento di captazione

$$RC = Q \times C_p \times (T_s - T_o) / R_e$$

dove:

T_o = temperatura dell'aria nell'intercapedine.

Nel caso in cui le superfici trasparenti fossero di dimensioni rilevanti è necessario considerare anche l'effetto radioattivo. È intuitivo che la sensazione di benessere si avverte quando tutte le superfici dell'ambiente interno sono ad un livello omogeneo.

Un ottimo parametro per quantificare questa sensazione è rappresentato dalla "temperatura operante".

Le relazioni da considerare sono le seguenti:

$$T_{op} = (T_i + t_{ipm}) / 2$$

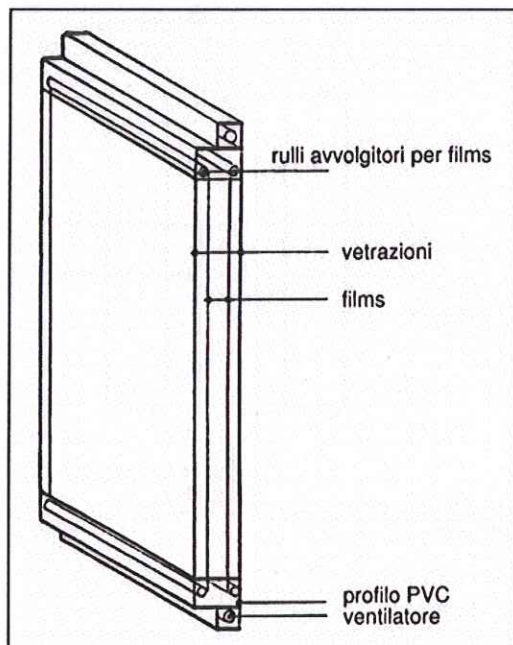


Fig. 60

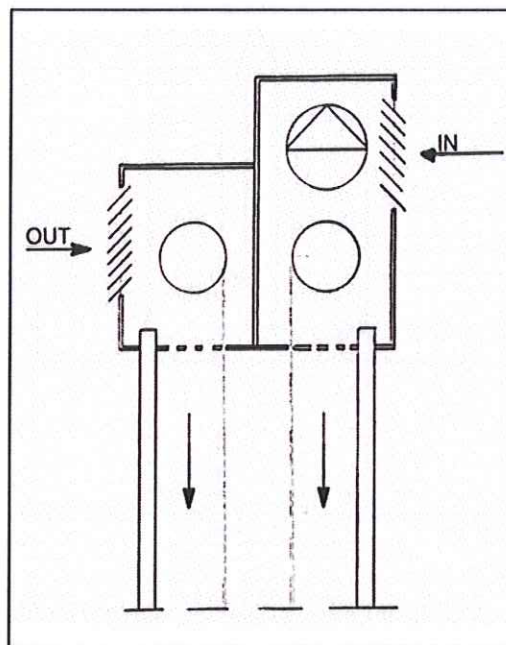


Fig. 61

$$t_{ipm} = \frac{\sum tip Si}{\sum Si}$$

dove:

- Top = temperatura operante;
- Ti = temperatura aria interna;
- tip = temperatura di progetto della superficie interna generica;
- Si = superficie riferita alla tip;
- tipm = temperatura media delle superfici interne.

Il sistema innovativo proposto possiede le seguenti caratteristiche:

- il serramento presenta un coefficiente di trasmissione termica di valore comparabile a quello presentato dai tamponamenti opachi;
- buona trasmissione luminosa;
- energia radiativa entrante e uscente in quantità regolabile (in modo limitato);
- eliminazione dei punti termici nel telaio del serramento;
- regolazione del ricambio d'aria;
- annullamento delle infiltrazioni indesiderate;
- lunga durata agli agenti atmosferici con riduzione degli oneri di manutenzione.

Lo schema dell'elemento con le suddette caratteristiche è riportato in Fig. 60.

Per soddisfare le esigenze di qualità meccaniche di resistenza al vento, alla pioggia battente, di tenuta all'aria e di creare un buon isolamento termico, il telaio è stato progettato con particolari profili in PVC di notevole spessore.

Questo materiale permette di abbinare ad elevate caratteristiche (similmente ad un serramento tradizionale) forme geometriche molto evolute ed interessanti. Il particolare profilo, riportato in Fig. 61, permette di garantire le caratteristiche dell'intero sistema sopra riportato.

Il materiale con cui è stato realizzato il prototipo, ovvero il PVC, ha permesso di realizzare al proprio interno zone adibite al posizionamento degli automatismi dell'intero sistema.

I motivi della scelta del PVC possono essere sintetizzati come segue:

- grande flessibilità per la forma richiesta;
- trasmittanza termica molto bassa;
- sicurezza nell'impiego in contemporanea con automatismi elettrici.

La Fig. 61 riporta una sezione schematizzata del

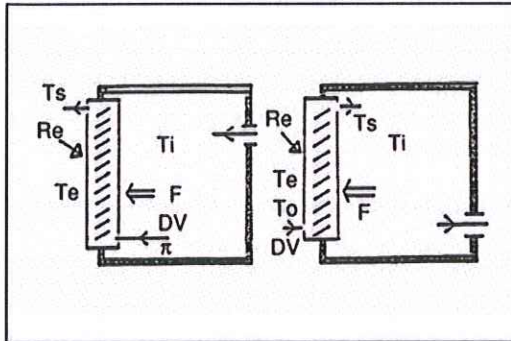


Fig. 62 - Schema di funzionamento del ventilatore interno

profilo utilizzabile per sistemare al proprio interno i rulli di avvolgimento dei films, i ventilatori tangenziali per la movimentazione dell'aria interna ed esterna, la vetratura esterna ed interna. La parte trasparente è stata realizzata con un doppio vetro contenente un particolare film di alta qualità. Questi possiede caratteristiche tali da essere trasparente alla luce solare entrante e riflettente all'energia radiativa emessa dall'interno dell'ambiente; inoltre può essere avvolto su apposito rullo ed essere sostituito con films di altra natura senza particolari movimentazioni da parte dell'utente.

In Fig. 60 è anche riportato lo schema derivante dallo studio di progettazione del sistema di avvolgimento e di tesatura del film e/o dei films con dif-

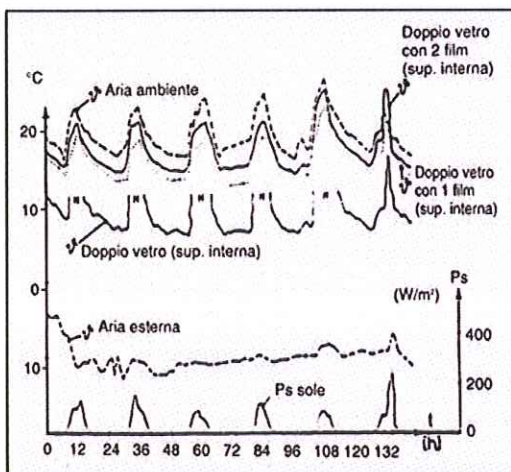


Fig. 63 - Diagramma sperimentale temporale della temperatura dei diversi componenti

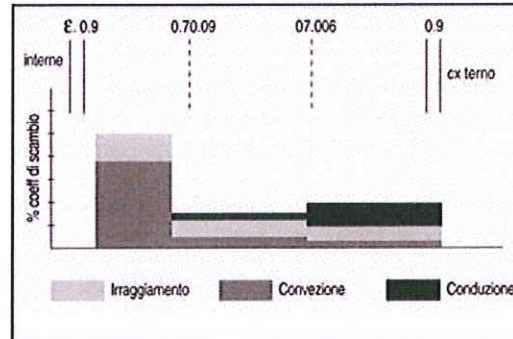


Fig. 64 - Schema dei flussi di trasmissione termica con due film nell'intercapedine tra i vetri

ferenti proprietà. Da ultimo, il sistema permette di prelevare e/o immettere una predeterminata quantità di aria che transita attraverso il complesso di superfici trasparenti. Lo schema di funzionamento riportato in Fig. 62 evidenzia come l'aria possa provenire dall'esterno o dall'interno con un duplice funzionamento:

- isolamento dinamico: la ventilazione con l'aria di estrazione provoca una diminuzione del coefficiente di trasmissione termica;
- preriscaldamento: l'aria di rinnovo può essere preriscaldata transitando all'interno dell'intercapedine trasparente senza aumentare sensibilmente il coefficiente di trasmissione termica.

Il sistema proposto è stato realizzato, con una configurazione sperimentale assimilabile a quella sommariamente descritta, in alcuni paesi europei con sorprendenti risultati anche al variare delle condizioni climatiche.

Dati significativi vengono riportati in Fig. 63 (diagrammi di temperatura), Fig. 64 (schemi dei flussi di trasmissione termica) e Tabella 43 (rendimento di captazione e di trasmissione solare in funzione del grado di ventilazione richiesto). I dati vengono riportati unicamente per completare il quadro generale del problema.

È quindi possibilistica l'ipotesi di realizzazione di un serramento intelligente, come oggi si definisce un componente per l'edilizia che permette di seguire le esigenze dell'utilizzatore e di evitarne gli stati di insofferenza microclimatica. Il serramento compirebbe quindi un terzo passo importante: da semplice

elemento a componente, a sistema ed ora a sistema interattivo.

Questo fatto potrà creare e sviluppare il processo progettuale dell'intero edificio in modo da poter correlare l'impianto di riscaldamento con l'impianto di

illuminazione e il sistema in esame. Un'analisi approfondita giustificherebbe un'intera e corposa relazione con risultati teorici e numerici che in questa sede vengono rimandati a più ampi spazi e discussioni.

Tabella 43 - Tabella sperimentale di comparazione tra la portata d'aria entrante, il rendimento di captazione e la trasmissione solare

Portata aria Kg/h (Q)	19.4	39.3	52.5	79.7	100
Rendimento di captazione (Rc)	0.082	0.195	0.208	0.281	0.312
Trasmissione solare (Ts)	0.369	0.385	0.383	0.289	0.268
$RC = \frac{Q \cdot Cp \cdot (Ts - To)}{\text{Irraggiamento globale}}$			$Ts = \frac{\text{Flusso entrante}}{\text{Irraggiamento globale}}$		

10. LA DURATA DEGLI INFISSI

- **La durata degli infissi**
- **La resistenza all'esterno dei serramenti in PVC:
i test su serramenti in opera**
 - Resistenze meccaniche*
 - Resistenza all'urto*
 - Variazione dimensionale dopo l'invecchiamento
artificiale*
 - Scolorimento da esposizione agli agenti atmosferici
naturali*
 - Resistenza d'angolo*
 - Superfici*
 - Conclusioni*

PVC

LA DURATA DEGLI INFISSI

Da oltre trent'anni il PVC rigido viene impiegato nelle prove agli agenti atmosferici naturali e assoggettato alle più svariate sollecitazioni. Le esperienze fino ad oggi acquisite stanno a dimostrare che il materiale PVC rigido ha fornito risultati eccellenti in questo campo d'impiego.

Oggi possiamo guardare indietro a 25 anni di risultati soddisfacenti della finestra di PVC. Naturalmente ci si poneva di tanto in tanto il quesito in merito ai cambiamenti che di fatto si verificavano nella finestra di PVC attraverso decenni, dopo lunghi anni di esposizione agli agenti atmosferici.

Non esiste alcun materiale che sia assolutamente stabile agli agenti atmosferici. Quando le conseguenze della esposizione agli agenti atmosferici diventano visibili o misurabili, allora è solo una questione di tempo.

Per quanto riguarda il vetro si va avanti per molti decenni, nel legno l'influenza dei predetti agenti può venir constatata dopo alcune settimane o dopo anni, a seconda del pretrattamento che esso ha ricevuto, e sull'acciaio può formarsi la ruggine già durante una notte, a meno che non si sia proceduto ad un trattamento.

La resistenza all'esterno dei serramenti in PVC: i test su serramenti in opera

Il quesito va quindi posto in termini più esatti: fino a che punto gli agenti atmosferici esercitano la loro influenza e su quali proprietà del materiale?

Per quanto riguarda il profilato per finestre di PVC questo quesito può venire ulteriormente suddiviso, facendo distinzione tra il cambiamento delle proprietà fisico-meccaniche e il cambiamento dell'aspetto dei profilati (stato superficiale).

Le proprietà meccaniche più importanti dei profi-

lati per finestre possono venire descritte alla luce del modulo e del comportamento nella prova di trazione e della tenacità. Lo stato superficiale può venire descritto sostanzialmente con riferimento al valore massimo della rugosità ed al colore.

Prima di occuparci dei risultati delle analisi attinenti a questi due quesiti (proprietà meccaniche e stato superficiale), dobbiamo passare a trattare dapprima i processi chimici che si verificano durante l'esposizione di profilati di PVC rigido agli agenti atmosferici. Per esposizione agli agenti atmosferici si devono intendere tutte le influenze esercitate dalla luce (visibile e invisibile), dalla temperatura, dall'umidità e dalle sostanze presenti nell'aria.

Finestre con telai di PVC sono tenuti da circa 18 anni sotto osservazione ad intervalli regolari.

Da esami visivamente condotti è risultato che tali finestre erano ancora perfettamente funzionali, senza dare motivo ad alcuna contestazione. Le superfici dei profilati apparivano lisce e si prestavano ad una agevole pulitura. I profilati bianchi non manifestavano nessun scolorimento di rilievo.

Quelli di colore scuro presentavano naturalmente uno schiarimento di tinta sul lato esposto agli agenti atmosferici.

Per il controllo delle proprietà del materiale sono state smontate finestre esposte agli agenti atmosferici per 7 e 15 anni, allo scopo di esaminare ritagli di profilati e campioni di materiale (Tabella 44).

Queste analisi sono state effettuate in conformità delle "Disposizioni relative alla qualità ed alla prova di profilati per finestre di materia plastica e di finestra in plastica RAL/RG 716/1".

Le finestre da controllare, delle dimensioni di circa 1 mq, sono state smontate nella primavera 1975 e nel 1983 dal lato sudovest di un edificio per uffici.

Tabella 44

Prove effettuate	Unità di misura	Dopo 8 anni		Dopo 15 anni	
		Lato interno	Lato esterno	Lato interno	Lato esterno
<i>Resistenza meccanica</i>					
Carico di snervamento secondo DIN 53455	N/mm ²	41	46	47	46
Resistenza a rottura secondo DIN 53455	"	31	32	32	33
Allungamento sotto carico di snervamento	%	3	3	4,3	4,4
Modulo E nella prova di traz. DIN 53457	N/mm ²	2960	2870	3020	3100
<i>Resistenza all'urto</i>					
Prova d'urto sotto flessione DIN 53753 (1)					
Urto su lato esterno del profilato	KJ/m ²	22	20	23	21
Urto su lato interno del profilato		20	17	21	16
Variazione dimensionale dopo invecchiamento artificiale (2)	(%)	1,0	1,0-1,2	1,2	1,2
Scolorimento da esposizione agenti atmosferici secondo la scala tessile dei grigi	differenza da originale in gradi	4-5	3-4	4-5	3
(1) Intaglio a doppia V-r-0,1 mm. temperatura di prova +23°C					
(2) Accorciamento dei profilati, misurato dopo 1 ora di invecchiamento artificiale a 100°C					
	Resistenza d'angolo dell'infisso		Resistenza d'angolo del battente		
	Carico di rottura	Diff. dal valore medio	Carico di rottura	Diff. dal valore medio	
	N	%	N	%	
dopo 8 anni	6330	+2	5330	-5	
	5300	-14	5500	-1	
	6950	-12	5940	+7	
dopo 15 anni	8000	+8	5750	-10	
	8500	+15	5600	-13	
	6540	-11	6480	+1	
	6490	-12	7820	+22	

(dati Basf)

Queste finestre erano state montate nell'anno 1968.

Prima di segare a pezzi il telaio ed il battente per ricavarne i campioni per le analisi previste, sono state esaminate la permeabilità dei giunti e la sicurezza alla pioggia battente, secondo la norma DIN 18055.

Nell'anno 1968 questa norma non esisteva ancora, per cui non sono disponibili valori di partenza. Né queste finestre sono state costruite nella osservanza dei requisiti stabiliti in materia.

Dalla prova di sicurezza alla pioggia battente è

emerso che le finestre soddisfacevano i requisiti relativi al gruppo di sollecitazioni A.

Per quanto riguarda la permeabilità dei giunti, le finestre raggiungevano il gruppo di sollecitazioni C.

Ad ogni modo si sono dovute inoltre restaurare le guarnizioni esterne nel telaio.

Sebbene il materiale a disposizione non fosse sufficiente per eseguire tutti i controlli previsti dalle disposizioni RAL, questi sono stati tuttavia completati con opportune analisi condotte su campioni più piccoli.

I valori riscontrati durante i controlli eseguiti sul lato interno dei profilati possono essere ritenuti quasi come valori di partenza per il materiale non esposto agli agenti atmosferici. Nel confronto con questi valori si possono stabilire i cambiamenti intervenuti ad opera della esposizione agli agenti atmosferici.

Resistenze meccaniche

Allo scopo di constatare il comportamento di resistenza e di deformazione di PVC esposto agli agenti atmosferici, sono stati prelevati campioni da profilati smontati ed esaminati in conformità alle Norme DIN in vigore.

Ne sono risultati soltanto valori di misura che si differenziano in misura irrilevante l'uno dall'altro, in funzione della posizione dei campioni nei profilati e della loro età.

I moduli di elasticità non rivelano che differenze assolutamente irrilevanti.

Resistenza all'urto

Se l'urto viene esercitato sul lato esposto agli agenti atmosferici - il che corrisponde alla sollecitazione nella pratica - i valori misurati non indicano che una scarsa influenza da parte degli agenti atmosferici.

Persino con l'urto esercitato sul lato interno non esposto del profilato, nel quale il lato esterno esposto e il lato trazione, per il materiale assoggettato per 15 anni agli agenti atmosferici naturali risulta ancora la ragguardevole resistenza all'urto di 16 kJ/mq.

Variatione dimensionale dopo l'invecchiamento artificiale

L'orientamento del materiale introdotto nella estrusione di profilati per finestre determina con il successivo riscaldamento la contrazione dei profilati. Secondo le disposizioni RAL, dopo un'ora di invecchiamento artificiale a 100°C il ritiro dei profilati non deve essere maggiore del 2%.

Secondo il medesimo procedimento è stato misurato anche il ritiro dei profilati per finestre di PVC esposti agli agenti atmosferici. Il valore massimo consentito del 2% non è stato raggiunto. Poiché i valori di ritiro misurati ricorrono anche per i profilati non

assoggettati agli agenti atmosferici, si può ritenere che il carico termico nella esposizione agli agenti atmosferici naturali non ha determinato se non un bassissimo ritiro dei profilati.

Scolorimento da esposizione agli agenti atmosferici naturali

Un criterio di valutazione della resistenza di profilati di PVC alla sollecitazione da agenti atmosferici è lo scolorimento delle superfici. La valutazione dei profilati assoggettati per lunghi anni agli agenti atmosferici naturali è stata formulata sulla base della scala dei grigi di cui alla norma DIN 54001. A confronto con i lati interni non esposti dei profilati cavi colorati in antracite (grado 5), dopo 8 anni di esposizione agli agenti atmosferici naturali si sono verificati soltanto scolorimenti tali da superare e rispettivamente corrispondere al grado 3 della scala dei grigi.

Siffatti scolorimenti sono assai difficilmente percettibili dall'occhio umano nella finestra (incorporata) nella costruzione. Dopo 15 anni di esposizione agli agenti atmosferici naturali lo scolorimento degli stessi profilati ha raggiunto il grado 3 della scala dei grigi.

Resistenza d'angolo

Gli angoli delle finestre sono stati rimossi con la sega dai telai dell'infisso e del battente, in guisa tale da consentire l'esame della loro resistenza attraverso la prova a compressione sul blocco di legno, in conformità delle disposizioni RAL. Poiché i battenti e telai erano stati realizzati con profilati diversi, sono risultati anche valori diversi della resistenza d'angolo.

Le norme esigevano semplicemente che i singoli valori di tutte le prove non divergessero troppo l'uno dall'altro, le differenze sono rimaste sempre al di sotto del 30%, sia per le finestre in uso da 8 che per quelle in uso da 15 anni, soddisfacendo così i requisiti imposti dalle disposizioni RAL per le nuove finestre.

Superfici

Gli scolorimenti dei lati di profilati per finestre assoggettati agli agenti atmosferici possono essere attribuiti anche al fatto che sotto l'influenza di questi agenti la superficie viene irruvidita.

Allo scopo di rendere visibile l'entità di questo irruvidimento, sono state realizzate riprese al microscopio elettronico a scansione lineare di sezioni e di superfici prelevate da campioni esposti e, per il confronto, da campioni non esposti agli agenti atmosferici.

Le immagini ottenute hanno dimostrato che l'irruvidimento di un lato di profilato esposto agli agenti atmosferici, visibile con un ingrandimento di 1000 volte, arriva fino ad una profondità da 20 a 25 microns.

Per il valore utile di una finestra nella pratica un irruvidimento di così scarsa entità non riveste alcuna importanza.

Conclusioni

Le esperienze acquisite nelle condizioni pratiche nell'arco di tempo di 18 anni e le analisi condotte su vecchie finestre smontate hanno dimostrato che con le sollecitazioni di agenti atmosferici che si verificano nell'Europa centrale non intervengono cambiamenti degni di rilievo nella idoneità pratica e nelle proprietà del materiale.

Sebbene l'esposizione agli agenti atmosferici abbia prodotto mutamenti in telai e battenti colorati in

antracite, la funzionalità delle finestre non ne è tuttavia risultata pregiudicata.

Queste constatazioni trovano riscontro nelle esperienze acquisite nel corso di 25 anni con finestre di PVC. Anche i profilati per finestre di PVC sono soggetti alle influenze degli agenti atmosferici. Ma anche dopo lunghi anni di esposizione a questi ultimi, i cambiamenti che intervengono nelle proprietà fisico-mecchaniche e chimiche sono talmente irrilevanti che non esercitano alcun effetto pregiudizievole sulla funzionalità delle finestre.

I cambiamenti che intervengono alle superfici dei profilati si limitano ad uno spessore di circa 150 microns, cioè ad uno strato molto sottile della superficie, e non rivestono praticamente alcuna importanza per i profilati bianchi in quanto di regola non risultano visibili sulla finestra montata.

Per quanto riguarda i profilati colorati di PVC, il sottilissimo film danneggiato dagli agenti atmosferici determina, dopo 5-10 anni, uno schiarimento più o meno visibile, al quale, nella maggior parte dei casi, l'utilizzatore di queste finestre non attribuisce alcuna importanza.



11. MARCATURA CE

- **La certificazione obbligatoria: la marcatura CE e la normativa di riferimento**

Requisiti obbligatori e volontari

Marcatura

I livelli prestazionali

Le prestazioni per ogni requisito obbligatorio

Le prestazioni per ogni requisito volontario

Il serramento campione

Piano di controllo della produzione

La norma armonizzata

PVC

MARCATURA CE

La Certificazione obbligatoria: la marcatura CE e la Normativa di riferimento

A partire dal 1 febbraio 2009 i Costruttori di serramenti saranno obbligati ad applicare la marcatura CE.

La marcatura andrà applicata sui prodotti finiti (finestre e porte esterne) e non riguarderà la posa in opera.

La marcatura CE sarà OBBLIGATORIA e rappresenterà il sistema al quale tutti dovranno uniformarsi per poter vendere in Europa.

La marcatura CE attesterà che il prodotto finito fornisce determinate prestazioni per specifici requisiti.

Requisiti obbligatori e volontari

Le prestazioni che i serramenti a marcatura CE dovranno possedere saranno legate a requisiti obbligatori e a requisiti volontari.

Requisiti obbligatori generali

Resistenza al vento, tenuta all'acqua, permeabilità all'aria, prestazione acustica, resistenza termica, proprietà radiative delle vetrazioni.

Requisiti obbligatori specifici

Resistenza all'urto (laddove richiesto da normative

nazionali), capacità portante dei dispositivi di sicurezza (se previsto per finestre incernierate e a bilico), resistenza al fuoco (solo per serramenti taglia fuoco), resistenza al carico di neve (solo per lucernari), resistenza al fuoco esterno (solo per lucernari), resistenza al fuoco (solo per lucernari).

Requisiti volontari generali

Sforzi di manovra, resistenza meccanica, resistenza ai proiettili, resistenza alle esplosioni, curabilità meccanica, resistenza alle effrazioni.

Requisiti volontari specifici

Comportamento a due condizioni climatiche differenti (solo per porte esterne), planarità delle ante (solo per porte esterne), ventilazione (se previsti dispositivi).

Marcatatura

- il logo grafico della marcatura,
- l'anno di apposizione della marcatura CE,
- il nome o il codice o il marchio di fabbrica del produttore o il marchio commerciale,
- il codice del prodotto,
- l'elenco dei requisiti obbligatori ai quali risponde il prodotto.

Tabella 45

CE	Resistenza al vento	Tenuta all'acqua	Permeabilità all'aria	Resistenza all'urto	Prestazione acustica	Resistenza termica	Proprietà radiative	...
Anno di produzione			Codice di prodotto					Nome del produttore

I livelli prestazionali

Sarà il produttore a dover scegliere i livelli prestazionali da attribuire ai propri serramenti per ogni requisito certificato dalla marcatura CE.

I livelli prestazionali scelti dovranno tenere conto dei minimi indicati dalle norme nazionali di riferimento qualora esistano o entrino in vigore.

potrà rifiutare di accettare un prodotto marcato CE in base a leggi e regolamentazioni cogenti nazionali.

A) Campo di applicazione

L'EN 14351 si applica a:

- finestre e porte finestre, pronte per l'installazione su aperture in muri verticali o in tetti inclinati (lucernari e abbaini), composte di parti fisse e/o apribili, con o senza parti vetrate, complete di accessori e con o senza persiane o imposte;
- porte esterne pedonali pronte per l'installazione in aperture su muri verticali;
- serramenti composti, costituiti da due o più finestre e/o porte esterne pedonali;

Non si applica, invece, a:

- serramenti composti assemblati in cantiere;
- lucernari e abbaini secondo prEN 1873 (cupole di materiale plastico con basamento);
- facciate continue;
- porte pedonali motorizzate;
- porte di vetro non intelaiate;
- porte girevoli;
- porte e portoni per il passaggio di veicoli;

- per la caratteristica di "controllo del fumo" di finestre apribili.

B) Caratteristiche e requisiti, obbligatori e volontari

L'En 14351 contiene una parte di prescrizioni obbligatorie, legate alla direttiva e necessarie alla marcatura CE, e una parte di indicazioni di carattere volontario. La conformità a queste ultime è testimoniabile tramite marchi di qualità volontari, chiaramente distinti dalla marcatura CE.

Parte "obbligatoria". Con la marcatura CE il fabbricante dovrà dichiarare quali sono le prestazioni del suo prodotto in relazione ad alcune determinate caratteristiche ("traduzione" dei requisiti essenziali della direttiva per il caso specifico dei serramenti) e alla sua destinazione d'uso prevista. Dovrà quindi eseguire (o far eseguire) le prove (o calcoli) relative a garantire tramite un controllo continuo della produzione che le prestazioni rilevate siano mantenute durante la produzione.

Le caratteristiche legate alla direttiva e che devono essere determinate ai fini della marcatura CE sono le seguenti:

Tabella 46

Requisito essenziale della CPD	Caratteristica
1. Resistenza meccanica e stabilità	Resistenza al carico del vento Resistenza alla neve e ai carichi permanenti (solo per lucernari e abbaini)
2. Sicurezza in caso di incendio	Prestazioni nei confronti del fuoco proveniente dall'esterno (solo per lucernari e abbaini)
	Reazione al fuoco (solo per lucernari e abbaini) Resistenza al fuoco Tenuta al fumo (solo per porte) Bloccaggio (solo per porte) Capacità di rilascio (solo per porte chiudibili e su uscite di sicurezza)
3. Igiene, salute e ambiente	Tenuta all'acqua Rilascio di sostanze pericolose
4. Sicurezza nell'impiego	Resistenza all'impatto Capacità portante di dispositivi di sicurezza per finestre incernierate o imperniate Sicurezza sistemi di chiusura/apertura automatici (porte esterne pedonali resistenti al fuoco e a tenuta di fumo)
5. Protezione contro il rumore	Prestazioni acustiche (indice di valutazione del potere fonoisolante)
6. Risparmio energetico e ritenzione del calore	Prestazioni termiche (resistenza termica) Proprietà radiative (fattore solare e fattore di trasmissione luminosa) Permeabilità all'aria
Durabilità	Durabilità

Caratteristiche volontarie

Tabella 47

Requisito
Resistenza ai proiettili
Resistenza all'esplosione
Durabilità meccanica (resistenza alle operazioni ripetute di apertura e chiusura)
Comportamento tra due climi differenti (porte soltanto)
Caratteristiche delle ante di porta (dimensioni, ortogonalità, planarità)

Per ogni caratteristica, vengono indicati nell'EN 14351, tramite richiami ad altre norme in gran parte già pubblicate o a progetti ad uno stadio avanzato di elaborazione i metodi di prova (comuni a tutti i paesi europei) da usare per la determinazione delle prestazioni, oltre i criteri di classifica-

zioni (anch'essi comuni) in base ai risultati ottenuti dalle prove.

Come si è detto, il progetto di norma prEN 14351 include anche una serie di prescrizioni di carattere volontario:

Tabella 48

Requisito	Metodo di prova	Metodo di classificazione/ espressione dei risultati
Resistenza ai proiettili	EN 1523	EN 1522
Resistenza all'esplosione	PrEN 13124-1 PrEN 13124-2	PrEN 13123-1 PrEN 13123-2
Curabilità meccanica (resistenza alle operazioni ripetute di apertura e chiusura)	EN 1191	PrEN 12400
Comportamento tra due climi differenti (porte soltanto)	EN 1121	EN 12219
Caratteristiche delle ante di porta (dimensioni, ortogonalità, planarità)	EN 951 EN 952	EN 1529 EN 1530

C) Classificazione e designazione

Il produttore dovrà quindi dichiarare, per ogni caratteristica necessaria, la classe di appartenenza del suo serramento o il valore ottenuto in base alle prove/calcoli effettuati. Il prospetto riassuntivo seguente riporta, a titolo di esempio, le caratteristiche richieste (parte obbligatoria) per le finestre e le corrispondenti classi/valori previsti dalle norme richiamate.

D) Valutazione della conformità

L'EN 14351 fornisce indicazioni sulle procedure da adottare per assicurare che la conformità dei prodotti fabbricati con la stessa norma di prodotto.

Il produttore deve effettuare (o far effettuare) delle prove iniziali di tipo ogni volta che "le condizioni relative a risultati ottenuti cambiano significativamente". I cambiamenti significativi possono riferirsi al prodotto, ai materiali costituenti e compo-

menti, al sistema di produzione, così come all'assemblaggio. E' lasciata alla responsabilità del produttore la decisione su quanto è necessario effettuare calcolo/prove addizionali (per es. in caso di nuovi metodi di produzione o cambiamenti minori nel prodotto). Le appendici al progetto di norma forniscono la sequenza delle prove da eseguire e indicazioni sul campionamento.

L'EN 14351 stabilisce che, oltre ad effettuare le prove iniziali di tipo, il produttore debba mettere in atto un controllo continuo della produzione in fabbrica, in modo da garantire che le le caratteristiche del prodotto siano mantenute entro limiti definiti durante la produzione. Il sistema di controllo della produzione deve essere documentato e deve considerare:

- specifica o verifica delle materie prime costituenti;

- controlli e prove che il fabbricante deve effettuare durante la produzione secondo frequenza specificata dal fabbricante stesso;
- verifiche e prove sul prodotto finito con frequenza specificata dal fabbricante;
- descrizione delle azioni necessarie in caso di non conformità/azioni correttive.

Il produttore deve fornire sufficienti informazioni a consentire la rintracciabilità del prodotto.

A seconda dell'uso previsto del serramento, la Commissione Europea ha indicato nelle decisioni 25 gennaio 1999 (1999/93/CE) e 22 giugno 1998 (94/436/CE) quale dei sistemi di attestazione della conformità previsti dalla Direttiva è necessario adottare e cioè in che misura l'ente notificato di terza parte deve intervenire.

Il sistema 4, il più blando, che prevede che la dichiarazione di conformità sia rilasciata dallo stesso produttore, sulla base di prove iniziali di tipo e del controllo della produzione in fabbrica effettuati sotto la propria responsabilità, è previsto per:

- porte e portoni destinati al solo spostamento all'interno agli edifici
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulla reazione al fuoco e di classi A***, D, E, F;
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulle prestazioni nei confronti del fuoco esterno e che non hanno bisogno di essere sottoposti a prova perché si presuppone soddisfino il requisito.

Il sistema 3, che prevede che la dichiarazione di conformità sia ancora rilasciata dallo stesso

produttore e che il controllo della produzione in fabbrica sia ancora sotto la sua responsabilità, ma che le prove iniziali di tipo siano effettuate da un laboratorio notificato, dovrà essere applicato a:

- porte, portoni e finestre per ogni uso specifico dichiarato o soggetti a requisiti specifici (in particolare: rumore, tenuta, energia e sicurezza) diverso dalla limitazione della propagazione del fuoco/fumo e dall'uso in uscite di sicurezza;
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulla resistenza al fuoco;
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulla resistenza al fuoco;
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulle prestazioni nei confronti del fuoco esterno e che necessitano di essere sottoposti a prova;
- abbaini e lucernari per usi destinati a rafforzare la struttura del tetto, per usi soggetti a regolamentazioni sulle sostanze pericolose e altri usi diversi da quelli specificati sopra.

Il sistema 1, che prevede che la certificazione di conformità sia rilasciata da un organismo notificato, che interviene anche nelle prove iniziali di tipo e sorveglianza il controllo di produzione in fabbrica, deve essere adottato per:

- porte, portoni e finestre quando l'uso previsto è quello di limitare la propagazione del fumo/fuoco, oltre che nelle uscite di sicurezza;
- abbaini e lucernari, per usi soggetti a regolamentazioni sulla reazione al fuoco e di classi (A, B,C)* e (A, B,C).

12. AMBIENTE ED ECOLOGIA

- Ambiente
- Ecologia
- Fasi produttive
- Gestione del serramento

PVC

AMBIENTE ED ECOLOGIA

Ogni azione umana, ogni oggetto fabbricato dall'uomo, sia esso prodotto con materiali già presenti in natura o ottenuto invece attraverso trasformazioni industriali, ha come effetto un determinato impatto ambientale.

Valutare il tipo e le modalità di tale impatto è uno dei compiti a cui si trovano di fronte scienziati, ricercatori, uomini politici e semplici cittadini che vogliono avere un ruolo attivo nelle decisioni che influenzeranno il loro presente e il loro futuro.

Prima di valutare in termini generali come si manifesta l'impatto ambientale di una particolare sostanza è opportuno distinguere fra tre livelli ben precisi:

- l'impatto sull'ambiente derivante dai procedimenti di fabbricazione del materiale (all'interno dei quali si possono includere anche le fasi di estrazione delle materie prime, il trasporto, ecc.);
- l'impatto del materiale stesso una volta trasformato in oggetti d'uso quotidiano;
- l'impatto che il materiale esercita una volta che ha terminato il suo ciclo di vita e diventa un rifiuto.

Per capire qual è l'influenza del PVC nell'ambiente occorre quindi analizzare questi tre aspetti ben precisi e distinti.

La fabbricazione del materiale vede impiegato un alto numero di elementi che concorrono nei processi chimici di cui si rimanda a testi più autorizzati e dedicati.

E sicuramente, in questa sede, doveroso evidenziare come la produzione di ogni materiale assorba una quantità di energia.

L'analisi, rapportando i costi all'unità volumetrica, viene svolta comparando i prodotti utilizzati dalle industrie per la produzione di serramenti ed accessori.

I dati sotto riportati evidenziano come già nella prima fase il prodotto PVC richieda una quantità energetica ben inferiore ad altri prodotti: la produzio-

ne del PVC crea la formazione di un componente secondario importantissimo come la soda caustica necessaria nei settori industriali del sapone, carta, farmaceutico; inoltre il PVC presenta un costo energetico di produzione molto basso.

Tabella 49

Materiale	Kg
PVC	2,5
VETRO	3
ACCIAIO	4,5
RAME	11
ALLUMINIO	15
I dati esprimono i Kg di petrolio equivalente necessari per produrre un decimetro cubo di prodotto.	

La seconda fase è rappresentata dalla trasformazione in serramento. Quindi la materia prima viene estrusa per produrre profili e questi assemblati per la realizzazione di finestre.

I momenti da analizzare sono quindi due:

- 1) estrusione;
- 2) assemblaggio.

È possibile dare una completa assicurazione sia agli addetti delle lavorazioni che agli utenti finali che il prodotto trattato è completamente stabile, non degrada producendo prodotti dannosi nelle due fasi sopra citate.

Questo è dovuto al fatto che il prodotto (materia prima) viene solamente portato allo stato di rammollimento per la prima fase e semplicemente riscaldato nei quattro angoli del serramento per la seconda fase.

Il rammollimento o il riscaldamento non comporta esalazioni di gas dannosi o degradamento di sostanze.

Da ultimo il prodotto diventa rifiuto e come tale deve essere raccolto e smaltito.

Il serramento si pone in un contesto particolare ovvero in edilizia, tradizionalmente restia ad innovazioni eclatanti e a variazioni improvvise.

L'edificio ha sempre interpretato il ruolo di sistema durevole come ogni sua singola parte.

Durevole indica che i materiali impiegati evidenziano una vita media di utilizzo ma che racchiude il presupposto della loro sostituzione.

I tempi e le modalità variano in funzione di fattori esterni, d'uso e dei materiale.

In ogni caso l'edificio non si è mai prestato alla progettazione usa e getta ed infatti l'approccio dell'utilizzatore è molto differente, ad esempio, a confronto con l'automobile o elementi di arredo interno.

Vi è un'importante separazione fra progettazione e utilizzo dell'involucro e del contenuto.

I materiali, il loro uso, la loro durata e successiva sostituzione, indicano il percorso più logico da seguire.

I sottosistemi dell'edificio partecipano più al funzionamento con razionalità e tecnologia, ma non alla durata nel tempo.

Il concetto di edificio sostituibile è di derivazione nordica, ancora non è permeato nella nostra tradizione.

Un componente che permette flessibilità di progettazione è rappresentato dal serramento.

Con i materiali di facciata rientra nell'elenco dei prodotti soggetti a sostituzione o manutenzione.

Le materie plastiche interferiscono con questo concetto in modo anomalo. Da un lato l'opinione corrente li considera materiali poco affidabili, dall'altra oggi possono risolvere molte situazioni di manutenzione altrimenti irrisolvibili. Questa contraddizione supporta anche il serramento in PVC.

Le materie plastiche entrano in questo settore specifico con una derivazione intuitiva e una interessante evoluzione: da tubo a profilo, da profilo a finestra, da componente a sistema.

Oggi si discute del sistema serramento, di prestazioni, di manutenzione.

Il serramento in PVC è costituito dall'apporto di alcuni materiali quali:

- *PVC*: profili e guarnizioni;
- *vetro*: vetri semplici o multipli;
- *metallo*: ferramenta, viti, rinforzi;
- *gomma*: guarnizioni.

La progettazione investe due settori distinti:

- progetto architettonico: forme profili, dimensioni, colori;
- progetto sistema: dimensioni profili, accessori, tipologie, montaggio, prestazioni.

È interessante pensare il serramento in PVC come componente da montare e da smontare.

Ad oggi poco è stato fatto ma molto è possibile realizzare proprio per la grande flessibilità che è in grado di offrire.

La progettazione del serramento in PVC non è mai stata indirizzata al recupero dei materiali costituenti che deve quindi comprendere anche la fase di smontaggio (oltre all'ovvio montaggio).

Per questo fine ogni singolo elemento deve essere ripensato e questo processo permette di sottolineare alcune caratteristiche che in altro modo sarebbero state escluse.

Il profilo è la parte principale del serramento in PVC.

Forme e spessori creano la resistenza, le prestazioni e l'impatto estetico in relazione agli agenti di sollecitazione. Si ricorda l'esistenza (e la necessità) di realizzare profili principali e secondari con caratteristiche differenziate.

All'interno delle aziende produttrici la necessità di utilizzare gli scarti è sorta col nascere delle stesse aziende e quindi è stato ragionevolmente pensato di utilizzarli come base per i profili secondari. Questo rappresenta la prima forma di integrazione funzionale del prodotto.

I profili secondari, si ricorda, sono rappresentati ad esempio, dai fermavetri, stipiti, falsi telai ecc..

Un secondo impiego più interessante è evidenziato dall'utilizzo degli scarti all'interno dei profili principali. Si deve comunque ricordare che lo scarto di produzione è materiale di primissima scelta, non posto mai all'esterno, con ancora tutte le caratteristiche fisiche intatte. Altro problema è il riutilizzo dei materiali derivanti dal serramento sostituito.

Tralasciando lo smontaggio di ogni singola parte si sottolinea che essendo i profili termosaldati è necessario procedere al taglio con troncatrice degli stessi e sfilare gli eventuali rinforzi metallici. Questo recuperato può essere utilizzato per impieghi con esigenze inferiori come tubi, elementi di arredo o di irrigidimento.

Di più difficile risoluzione sono i riutilizzi di profili coestrusi con guarnizioni realizzati con materiali differenti. La coostrusione è nata come facilitazione

per la produzione e quindi nuovo stimolo deve essere la risoluzione del problema utilizzando la stessa tecnica con una successiva facilità di separazione dei due prodotti in fase di smontaggio.

Non solo la progettazione funzionale riguarda il riutilizzo, ma anche l'ottimizzazione delle funzioni di montaggio e relativo smontaggio.

Un esempio può essere il rinforzo interno che oggi viene introdotto nel profilo quasi a forza: forme particolari possono creare camere ad hoc mantenendo inalterate le caratteristiche di contatto. Naturalmente è possibile utilizzare anche altre parti come gli stessi rinforzi e la ferramenta.

Discorso a parte per i vetri che necessitano di un'analisi più complessa, mentre le guarnizioni normalmente trovano utilizzo in prodotti con caratteristiche completamente differenti da quello considerato.

Un approccio radicalmente differente riveste la problematica manutenzione.

Progettazione funzionale indica anche uno studio preventivo dei costi di gestione del componente dei prodotti da utilizzare per la sua manutenzione e della incidenza di tali prodotti nel possibile riutilizzo del materiale recuperato.

Il serramento in PVC si presenta nella maggioranza dei casi di colore bianco realizzato con un compound apposito che garantisce ottima durata nel tempo. Anzi, studi analitici hanno evidenziato che l'aggressione al materiale da parte di agenti esterni è limitata al solo strato superficiale ridotto al decimo di millimetro.

Questo indica che tutta la parte interna è da considerare come materiale ad alta prestazione anche dopo 50 anni di utilizzo.

I serramenti non vengono prodotti solo in colore bianco ma anche con tinte differenti seppure in quantità minima.

Per ottenere profili colorati si utilizzano quattro tecnologie:

- 1) rivestimento superficiale con film;
- 2) coestrusione;
- 3) pigmenti colorati in massa;
- 4) verniciatura superficiale.

Il profilo ottenuto con la coloratura in massa può essere trattato come il profilo bianco in quanto i pigmenti utilizzati sono studiati in modo da non creare problemi di compatibilità con il PVC.

I rimanenti metodi inseriscono nell'eventuale

materiale recuperato dei componenti che possono o non possono essere accettati in funzione dell'utilizzazione futura.

Un ultimo argomento di discussione è rappresentato dalla logistica del cantiere.

Il serramento, essendo un componente complesso, richiede una procedura ben precisa per il proprio smontaggio che in parte deriva dalle tecniche di montaggio o meglio di fissaggio al vano murario.

Potrebbe essere questo spunto ad iniziare un processo che finalmente modifichi le attuali tecniche di installazione.

Fissare zanche con malte cementizie, silicone, i giunti di separazione, introdurre guarnizioni, sono tutte operazioni tradizionali che richiedono un intervento sicuramente danneggiante.

Ed ecco quindi le basi per modificare tali tecniche con interventi sia nel vano di accettazione che sul serramento.

Inevitabilmente queste variazioni influenzeranno anche le fasi di montaggio, probabilmente in modo positivo. Realizzare un sistema che possa adattarsi ad un tipo di ancoraggio prefabbricato avendo come variabile le dimensioni di interfaccia con il vano è oggi possibile. Questo permette di avere l'intervento dei soli serramentisti, di non avere giunti anomali e di ottenere tempi di montaggio e quindi di smontaggio ridottissimi.

Inoltre si è in grado di rimontare il componente in contemporanea con lo smontaggio del vecchio ottenendo economia di scala notevoli.

L'ultimo passo è rappresentato dalla movimentazione dei recuperati.

La loro gestione è completamente differente dal nuovo intervento in quanto non esiste l'appoggio consistente di un cantiere aperto.

La realtà è quindi rappresentata dall'edificio vissuto e si devono prevedere, se possibile, alcune fasi di smontaggio immediate.

Un'ipotesi perseguibile è di separare il telaio dalla vetratura che in ogni caso avrebbero destinazioni diverse, ottenendo anche il vantaggio di alleggerire l'insieme per il trasporto.

Come conclusione si può affermare che il recupero del serramento in PVC è fattibile. Unico elemento attualmente non quantificabile è il tempo di durata del componente in quanto non risultano, ad oggi, casi di sostituzione per degrado del materiale

in modo così marcato da indurre una sostituzione completa.

La produzione dei serramenti in PVC viene effettuata con regole precise utilizzando attrezzature adeguate, basandosi sul presupposto dell'esistenza di "sistema".

Con questo termine viene identificata una serie di profili e di accessori che permette di ottenere determinate tipologie di serramenti con dimensioni e prestazioni precise (Fig. 65).

La difficoltà maggiore è relativa alla progettazione dei profili principali, secondari ed accessori per garantire a tutta la gamma prevista di tipologie di presentare un livello prestazionale uniforme.

Di primaria importanza è inoltre il controllo di tutte le parti del sistema durante la loro produzione e il loro assemblaggio.

Queste garanzie vengono sottoscritte da aziende che producono i semilavorati e il componente finale utilizzando procedure produttive che vengono sottoposte a controlli secondo regole previste da marchi di qualità. Le tipologie realizzabili vengono definite dal numero di profili prodotti e dalla ferramenta adottata.

La tabella propone una visione sufficientemente completa delle tipologie costruttive in funzione del modo di apertura.

Inoltre si deve sottolineare come la produzione di serramenti in PVC sia rivolta per molta parte al recupero degli edifici ovvero alla ristrutturazione e quindi la tabella riportata deve essere pensata come riferita a serramenti per nuove e per vecchie costruzioni.

Si può notare come il serramento in PVC possa soddisfare alla maggioranza delle richieste sia come tipologia che come dimensioni.

La qualità della produzione del prodotto finito è complessa in quanto ne fanno parte molti componenti quali telaio, vetratura, accessori, giunti. La realizzazione prevede quindi la scelta di alcuni componenti realizzati da terzi che si sovrappongono alla struttura vera e propria in PVC.

Questa è controllata sia nel momento della produzione dei profili sia durante il loro assemblaggio e il relativo montaggio dei componenti accessori sopra menzionati.

Il controllo è molto severo ed è effettuato mediante le procedure previste dal marchio IIP (Istituto Italiano dei Plastici) che viene apposto sui profili principali.

L'assemblaggio di questi viene garantito dalla pro-

cedura prevista dalle regole che l'associazione ha istituito e che gli associati adottano.

Le principali regole di controllo per i profili in PVC secondo IIP sono le seguenti:

Tabella 50

<i>Requisiti di identificazione</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura di rammollimento (Vicat); • Massa volumica; • Tasso di ceneri; • Carico unitario di snervamento
Valori da comunicare all'Istituto Italiano dei Plastici alla presentazione della domanda di ammissione e ad ogni variazione di mescola e/o produzione

Tabella 51

<i>Requisiti di costanza di qualità</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Aspetto; • Massa per unità di lunghezza; • Dimensioni della sezione; Una volta al giorno • Lunghezza delle barre; • Incurvamento; • Svergolamento. • Contrazione a caldo; Una volta ogni 2 gg. • Variazioni di aspetto a caldo; • Resistenza della saldatura; • Resistenza a flessione per urto:
Una volta alla settimana <ul style="list-style-type: none"> • a 0°C (tipo 360/A); • a 10°C (tipo 360/134).

Le regole per l'assemblaggio dei profili sono le seguenti:

Deposito dei profilati

I profilati devono essere depositati in ambiente coperto, protetto dai raggi solari e dall'umidità, ad una temperatura di +12°C + 18°C. Se il deposito di profilati avviene in ambiente condizionato questi devono essere portati in ambiente a temperatura di circa + 18°C almeno 24 ore prima di essere sottoposti a lavorazione. L'altezza massima di ogni catasta non deve superare gli 80 cm.

Taglio

Dalla precisione di taglio dipende la buona riuscita della susseguente lavorazione.

Il taglio deve essere eseguito con una troncatrice

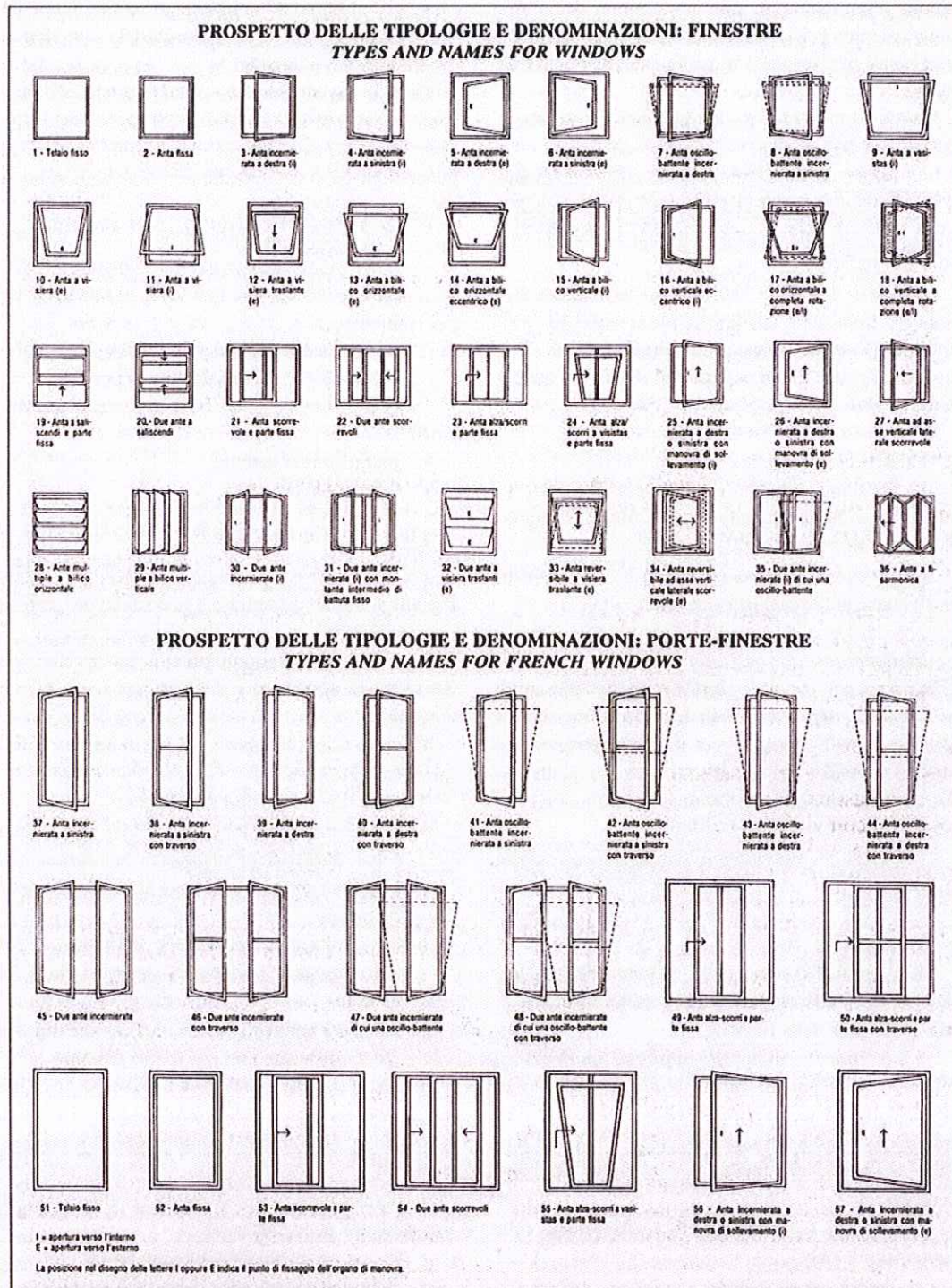


Fig. 65

Asportazione dei cordoli di saldatura

La completa asportazione dei cordoli di saldatura può essere effettuata con moderne macchine automatiche, attraverso processi di unghiatura e fresatura. Una lavorazione di questo genere è senz'altro da consigliare.

Fermavetri

I fermavetri vengono tagliati a 45 o 90°, a seconda delle esigenze e vengono inseriti a scatto nelle apposite sedi dei profilati principali. E da osservare che i fermavetri devono essere inseriti senza tensioni longitudinali; essi devono quindi essere circa 0,5 mm più corti della lunghezza teorica.

Ferramenta

Considerata la molteplicità della ferramenta, la relativa problematica è da approfondire con i produttori di questi accessori.

Eventuali preforature, per l'avvitamento degli accessori, devono essere di circa 0,4 - 0,5 mm (metallo) e di circa 0,8mm (PVC) più piccole del diametro nominale della vite usata.

Ove vengano usate viti autoforanti, queste dovranno disporre di apposita punta che non comprometta la filettatura del foro.

Si dovranno infine osservare sempre le direttive dei produttori in merito alle sollecitazioni che la ferramenta dovrà sopportare.

Nella scelta della ferramenta è necessario assicurarsi che essa sia ben protetta contro la corrosione e che possa sostenere gli sforzi dovuti ai carichi statici (peso proprio + vetro) e dinamici (vento).

Scarico dell'acqua di filtrazione

Nei traversi inferiori dei telai sono da prevedere asole da 25 x 5 mm per lo scarico dell'acqua. Le asole possono essere sostituite da fori del diametro di 8 mm.

Asole e fori non devono distare più di 60 cm fra di loro e devono essere sfalsati.

Fori di ventilazione e di compensazione della tensione di vapore

Per la ventilazione e per la compensazione della tensione di vapore devono essere eseguiti fori (diametro 8 mm) o asole (25 x 5 mm) nei profilati. Le aperture devono essere almeno due.

Mettratura

Generalmente l'operazione di vetratura deve essere effettuata con la finestra verticale in posizione di lavoro.

È consigliabile utilizzare un banco attrezzato al fine di poter bloccare la finestra dalla parte dei montanti laterali verticali per garantire la perfetta riquadratura. È necessario inserire i tasselli di supporto, collocare il vetro in sede, controllare il movimento delle ante mobili e quindi sistemare i tasselli distanziatori.

La disposizione dei tasselli di supporto e distanziatori varia a seconda della tipologia delle finestre.

Ogni tassello deve essere collocato nella sua posizione con l'aiuto di collante siliconico.

Terminata l'operazione di bloccaggio del vetro occorre inserire i fermavetri con le rispettive guarnizioni di tenuta.

Tasselli di legno non dovrebbero essere usati. Si adatteranno invece tasselli di materiale plastico aventi una durezza di circa 75 unità Shore.

I tasselli portanti dovranno essere lunghi almeno 80 mm e larghi almeno 4 mm in più dello spessore del vetro.

Essi dovranno essere sistemati ad una distanza di circa 40-50 mm dagli angoli.

Stoccaggio e movimentazione dei serramenti

In condizioni di stoccaggio e durante il trasporto e la movimentazione la finestra deve essere mantenuta in posizione verticale. La movimentazione deve avvenire con l'anta mobile già vetrata e bloccata e con tutta la ferramenta già posizionata in modo da costituire una struttura monolitica.

Al momento dell'imballaggio il serramento si presenta completo in ogni sua parte ad eccezione della maniglia di chiusura. La superficie esterna dei profilati costituenti la finestra vengono generalmente forniti e poi successivamente lavorati ricoperti da un film plastico autoadesivo di protezione contro le scalfitture e le abrasioni.

Un aspetto interessante da rimarcare è rappresentato dalla procedura che tutti i produttori di profili adottano riutilizzando gli scarti di produzione per estrarre profili non di primaria importanza.

Questa procedura permette di attuare quello che potrebbe essere definito con il termine "recupero".

È sicuramente uno dei pochi casi di smaltimento degli scarti eseguito direttamente nell'azienda produttrice consentendo un notevole risparmio di energia, di materia prima, di costi aggiuntivi e di inquinamento.

Il prodotto che viene fabbricato con gli scarti è controllato e rigorosamente sottoposto alle prove

meccaniche principali per garantirne comunque le caratteristiche necessarie.

Una tale procedura potrebbe essere utilizzata anche per il possibile recupero di serramenti da sostituire.

I prodotti ottenuti quindi vengono a costituire parte integrante del componente primario e non un prodotto appartenente ad altre categorie con necessità completamente differenti.

13. L'UOMO E I SERRAMENTI

- **Serramento: sicurezza e utilizzo**
Non vedenti e ipovedenti
Disabili fisici e motori
Elementi costruttivi
- **Evoluzione del serramento verso l'utenza ampliata**
- **La serramentistica e la disabilità: aspetti prestazionali e legislativi**
I dispositivi normativi fondamentali
- **L'informazione per un progetto senza barriere**
- **Il controllo del microclima per l'ambiente abitativo**
Comfort termoigrometrico
Comfort acustico
Comfort visivo
Ventilazione
Inquinamento ambientale
Antintrusione
Sicurezza all'incendio

PVC

L'UOMO E I SERRAMENTI

Serramento: sicurezza e utilizzo

Cos'è un serramento? Un'apertura, una chiusura, sicuramente entrambe le cose; un diaframma tra interno ed esterno che esiste da quando l'uomo ha incominciato a costruire i suoi primi ricoveri che ha dovuto difendere dagli agenti esterni, il freddo, il caldo, la pioggia, dagli animali, dai nemici. E' quindi sicuramente una barriera ma che con l'andare del tempo ha sempre più perso le originali connotazioni di protezione e difesa, con dimensioni conseguentemente limitate, per diventare un'apertura verso il mondo esterno sempre più grande per le possibilità offerte dalle attuali tecnologie. Diversa invece la situazione per le aperture interne dove le sempre più limitate disponibilità di spazio ne hanno sovente penalizzato le dimensioni.

Anni fa, in occasione dell'uscita di un nuovo quotidiano in Italia, fu preparato un manifesto pubblicitario che raffigurava un omino in pigiama che apriva una finestra. Il serramento, la Finestra che nel caso sopraccitato viene assunta come simbolo dell'informazione, è sempre comunque il mezzo di comunicazione, di scambio da ambiente interno ed ambiente esterno e viceversa o anche tra diversi ambienti interni. Ma il tema da affrontare oggi riguarda il rapporto tra serramento e gli utilizzatori che possono presentare limitazioni nelle loro capacità fisiche e sensoriali. Come si è già detto un'infinità di volte e sembra forse inutile ripeterlo negli utilizzatori rientrano le due categorie che si collocano nel periodo iniziale e finale della vita cioè i bambini e gli anziani.

Non vedenti e ipovedenti

Per chi ha ridotte capacità visive, riveste una particolare importanza la facile localizzazione del serramento e delle relative apparecchiature di

manovra. Occorre quindi provvedere con colori contrastanti sia sulle parti fisse come su quelle mobili, sulle maniglie, maniglioni, impugnature, serrature. Superfici vetrate oltre ad una certa dimensione, vanno opportunamente segnalate per essere più facilmente individuate ed evitare urti accidentali. Fonte di pericolo per i non vedenti sono le ante aperte verso l'interno soprattutto se posizionate ad una altezza che possa provocare lesioni a parti del corpo particolarmente esposte come ad esempio la testa. In tale contesto sarebbe opportuno evitare l'apertura, anche accidentale, di un'anta dovuta ad esempio a correnti d'aria con opportuni sistemi di bloccaggio o con frizioni applicate alle cerniere.

Disabili fisici e motori

Le finestre debbono consentire una visuale all'esterno anche ad una persona seduta mantenendo nel contempo le condizioni di sicurezza. Quanto sopra è realizzabile sia con una specchiatura fissa per la parte sottostante l'altezza di sicurezza a norma sia con un parapetto esterno che consenta comunque sempre la visuale attraverso la parte sottostante. Importante è inoltre il tipo di apertura e soprattutto il posizionamento della maniglia di comando che deve essere facilmente raggiungibile anche da una persona che usa la sedia a ruote. Per quest'ultima deve essere controllata non solo l'altezza dal pavimento ma la possibilità di raggiungerla anche in posizione orizzontale; infatti la presenza sotto finestra di radiatori o di altri elementi tecnici o di arredo possono condizionarne l'utilizzo. Per quanto riguarda i sistemi di oscuramento sono preferibili le tapparelle o le tende alla veneziana in quanto le persiane ad anta presuppongono la manovra in

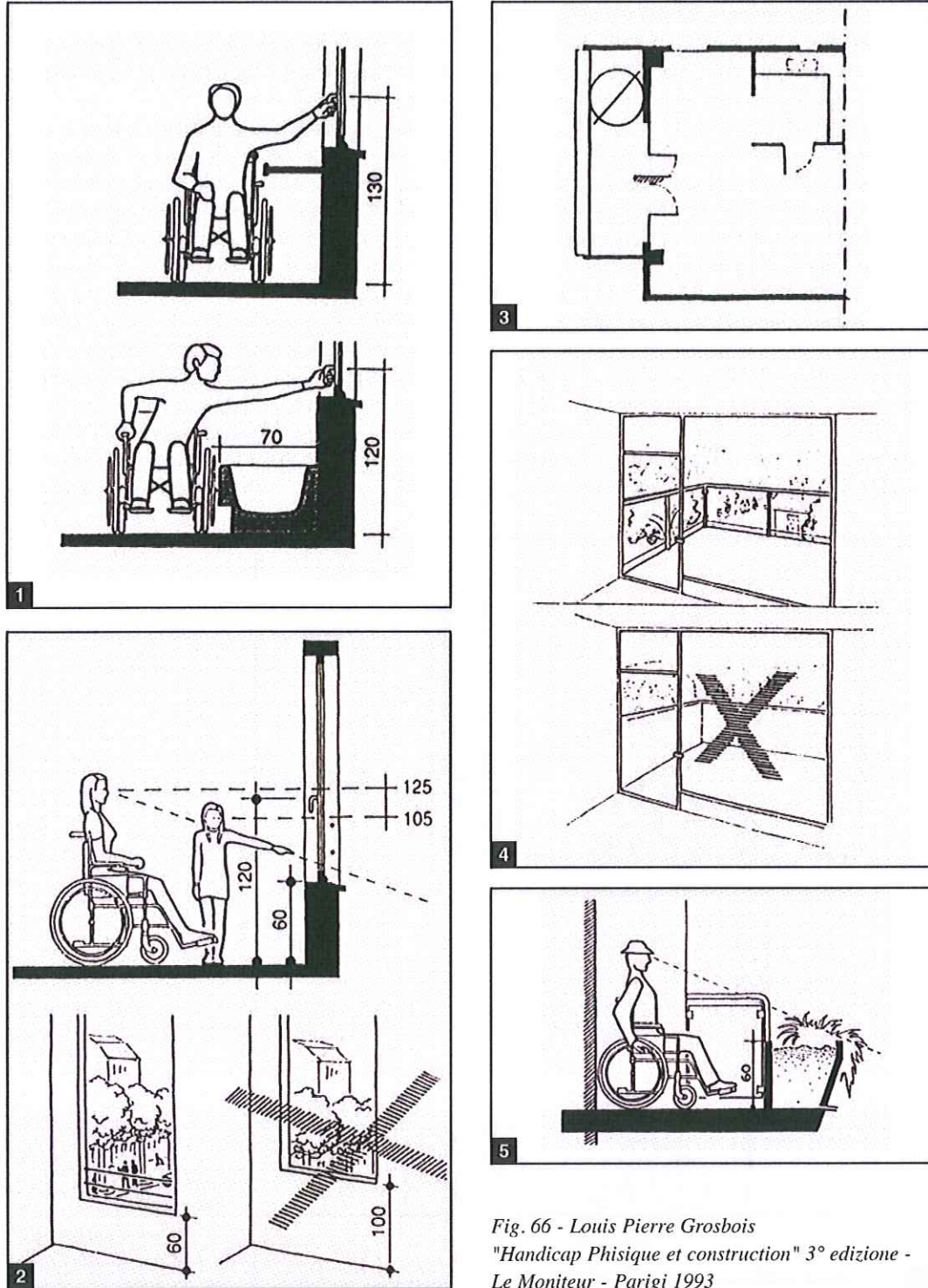


Fig. 66 - Louis Pierre Grosbois
"Handicap Phisique et construction" 3° edizione -
Le Moniteur - Parigi 1993

posizione eretta e lo sporgersi all'esterno per l'apertura e chiusura. Le tapparelle, che possono presentare per alcuni delle difficoltà nell'uso della cinghia, si prestano però oggi ad essere motorizzate a prezzi sempre più abbordabili.

Le porte e porte finestre dovranno preferibilmente essere prive di soglia sporgente o con soglia di altezza molto ridotta per consentire l'agevole passaggio di una sedia a ruote; particolari accorgimenti possono essere adottati per garantire comunque la tenuta all'aria e all'acqua. Le maniglie dovranno essere in posizione accessibile come per le finestre e con le caratteristiche che verranno più avanti specificate. Per le porte interne ad anta, l'installazione di una maniglia supplementare dal lato a spingere e vicina alle cerniere facilita la chiusura della porta stessa, dopo il passaggio, da parte dell'utente sulla sedia a ruote. Le porte scorrevoli, spe-

cie se a scomparsa, dovranno essere comunque dotate di un maniglione verticale sporgente da ambo i lati rispetto allo stipite per agevolare la presa e la manovra.

Tutte le maniglie o impugnature devono avere una facile presa anche da parte di persone che hanno difficoltà nell'uso delle mani e scarsa forza nell'uso delle dita; sono da preferire quelle che possono essere usate anche con il pugno chiuso o con il gomito. Sono da evitare quindi le maniglie a pomolo che necessitano di una forte presa e di uno sforzo di torsione per ottenere la relativa apertura. Importante è anche contenere lo sforzo necessario per l'apertura di serramenti pesanti o muniti di pompa di chiusura; se la forza da applicare diventa eccessiva l'uso sarà precluso soprattutto all'utente che usa le stampelle o la sedia a ruote. Per i frequenti passaggi a traffico intenso sono senz'altro

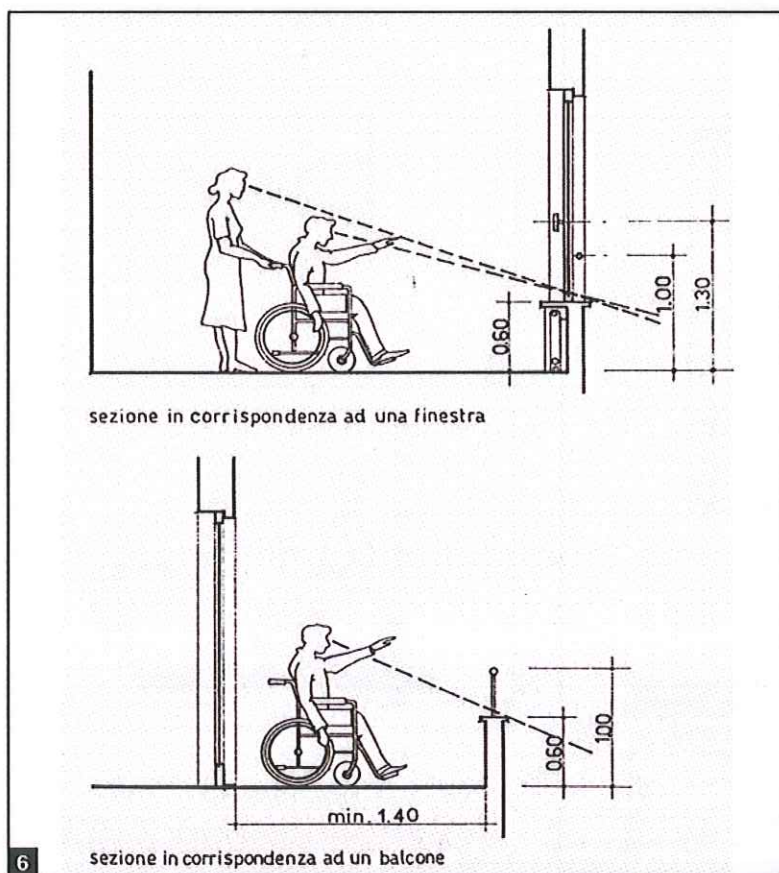


Fig. 67 - Piero Cosulich,
Antonio Ornati
"progettare senza barriere"
5° Edizione - Pirola Editore
Milano 1993

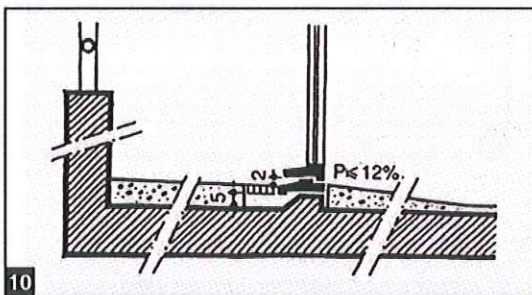
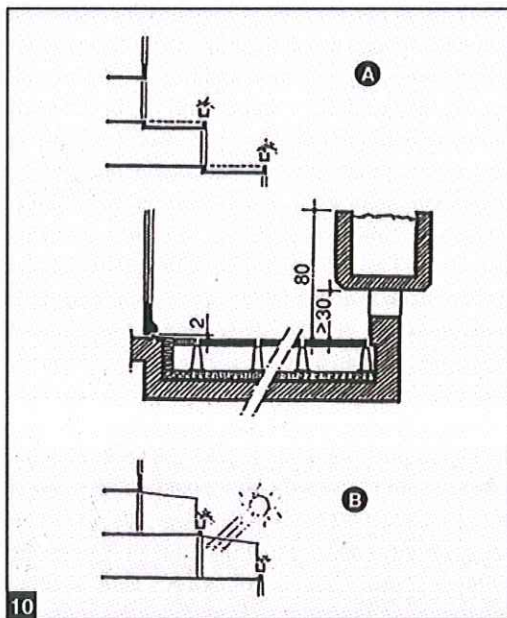
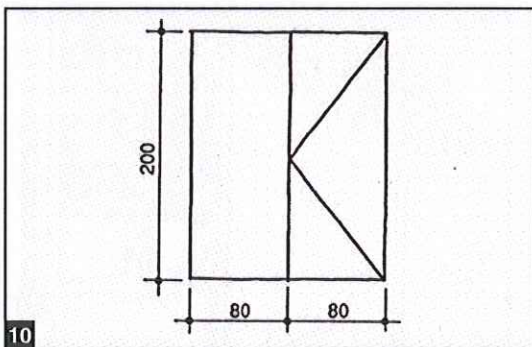
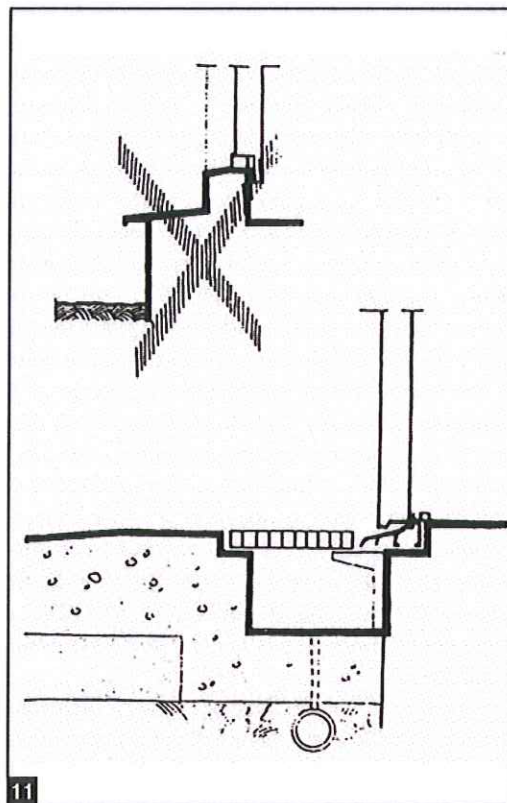
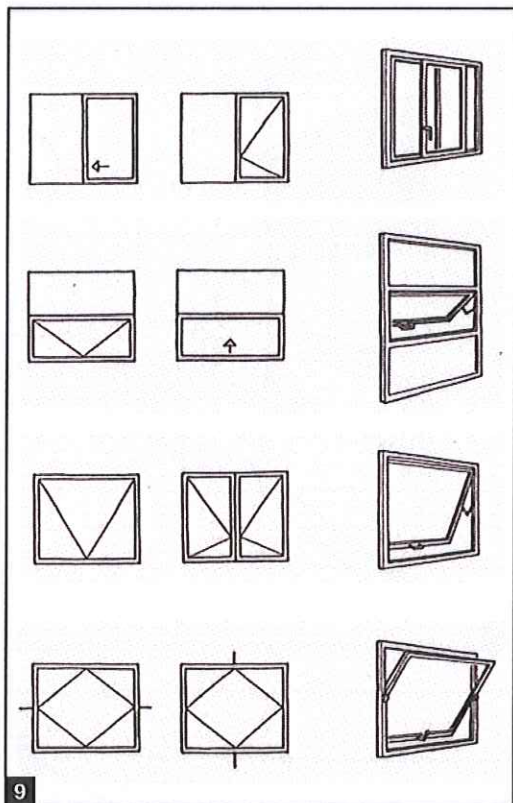


Fig. 69

Elementi costruttivi

La tecnica costruttiva di assemblaggio dei profili dei serramenti in alluminio o PVC prevede generalmente il taglio a 45° con l'inserimento o meno di squadrette interne o la saldatura (per il PVC). Questo sistema fa sì che si creano degli spigoli vivi piuttosto pericolosi, spigoli che sono presenti in modo più o meno accentuato anche nel profilo verticale e orizzontale dell'anta aperta e che quindi possono causare traumi. Per i serramenti di alluminio una soluzione è stata proposta con l'inserimento di un giunto esterno in alluminio pressofuso con angoli arrotondati; ritengo che anche per il PVC si possono trovare soluzioni analoghe. L'adozione ormai generalizzata di vetri a camera d'aria e di opportune guarnizioni presenta notevoli vantaggi di isolamento termoacustico; infatti il controllo della temperatura e la protezione dai rumori sono di particolare importanza per le utenze che ci interessano ma si può solo aggiungere che appare opportuno adottare vetri di sicurezza in tutte le occasioni nelle quali accidentali rotture potrebbero divenire fonti di pericolo.

Evoluzione del serramento verso l'utenza ampliata

Una tiepida sera primaverile, un allegro ma discreto dopocena in una grande terrazza con bella vista sulla metropoli; d'improvviso un tonfo e un grido, una sedia rovesciata, l'anziana madre distesa dolorante sul pavimento, telefonate concitate, una sirena, uno stridio di freni, una barella e una diagnosi infausta: frattura del femore. Forse, la vecchia signora sofferente di osteoporosi sarà condannata al letto per il resto dei suoi giorni. Il figlio affranto non si dà pace, aveva appena riarredato la propria casa e aveva scelto le sedie del noto designer francese, sedie delle quali era rimasto affascinato fin dal primo momento in cui le aveva ammirate su una famosa rivista di architettura; seduta ricoperta in rara pelle di elefante, solo tre gambe al posto delle ormai scontate quattro di cui, la posteriore in scintillante metallo cromato, dinamicamente svettante all'indietro e con una forma a corno così trasgressivamente "luciferina" che la mettevano perfettamente in linea con le tendenze poetiche più in voga. Come poteva prevedere un disastro simile?

La scena appena descritta, è di pura fantasia, ma possiamo essere certi che nella realtà in modo e con oggetti diversi, essa è assai più frequente di quanto si possa immaginare.

Anni fa tenevo con questa introduzione una relazione sull'utenza ampliata agli studenti dell'istituto europeo di design di Milano, ai quali avevo proposto di riprogettare una macchina per caffè espresso da famiglia ad utilizzo facilitato poiché, nella quasi totalità dei modelli presenti sul mercato, era evidente che l'unica preoccupazione dei progettisti era stata di trovare soluzioni estetiche più o meno piacevoli ma niente che permettesse un utilizzo anche a persone con ridotte capacità motorie.

Purtroppo, una distorta visione del design, fa sì che nella pratica di questa professione, progettando un oggetto ci si limiti a considerarne, nel migliore dei casi, la funzionalità in base ad un utilizzatore tipo che può essere iscritto nel modello dell'individuo cosiddetto "normodotato" ovvero, sano, bello, efficiente e stereotipato; il classico abitante del mondo pubblicitario insomma.

Nel peggiore dei casi, invece l'attenzione viene rivolta solo alle soluzioni estetiche. Questo modo di operare, fa sì che una larga fascia di utenti diventi di fatto disabile, per le grosse difficoltà che incontra nell'utilizzo della maggior parte degli oggetti che li circonda. Potrà anche sembrare un paradosso, ma possiamo affermare che il tipo "normodotato" in realtà non esiste, poiché, essendo ogni essere umano dotato di caratteristiche antropologiche proprie e stati fisici che mutano nell'arco dell'esistenza, è possibile, anche se si è fisicamente efficienti, ritrovarsi "disabili" (ovvero privi di una capacità di gestione fisica) nell'utilizzare oggetti non adatti alla propria situazione fisica. I bambini per esempio abitano un mondo sovradimensionato in cui spesso e volentieri sono obbligati a dipendere dall'aiuto da parte degli adulti; oppure gli anziani colpiti da artrosi, che misurano la propria inabilità di fronte ad oggetti privi di adeguate impugnature o prendiamo semplicemente atto del disagio che subisce una persona alta un metro e novantacinque nel fare un lungo viaggio sul sedile posteriore di una Fiat 500.

Inoltre, se pensiamo che tuffi possiamo, prima o poi nel corso della vita, essere colpiti da patologie come malattie cardiache, reumatiche, artrosiche,

asmatiche o possiamo essere affetti da stati fisici come obesità, subvedenza, mancanza di equilibrio, mancanza di memoria, falsa interpretazione dei colori, della distanza, dei suoni, oppure anche solo temporaneamente, avere limitazioni funzionali per traumi o simili, è molto realistico ritenere che ogni uomo è un potenziale disabile di fronte agli oggetti che lo circondano.

Per ovviare il più possibile a questi problemi è necessario quindi, cominciare a pensare a degli oggetti che si adattino alle esigenze, anche diversificate, dell'uomo con un approccio ergonomico a 360°.

Naturalmente è necessario tenere presente il fatto che per i soggetti colpiti da minorazioni fisiche o psicosensoriali rilevanti è e sarà sempre necessaria la progettazione di oggetti specifici.

Esiste però sicuramente un ampio margine progettuale nell'ambito del quale è possibile lavorare per ottenere oggetti di sempre maggiore fruibilità, eliminando la barriera/differenza che si genera a livello psicologico fra gli individui quando parte di essi non può, di fatto avere gli stessi comportamenti degli altri.

A questo proposito, è interessante rilevare, che già attualmente le ricerche di mercato indicano il consumatore anziano come fruitore che, pur presentando schemi mentali differenti da quelli dei giovani, tende a non accettare la propria età anagrafica e di conseguenza qualsiasi tipo di differenziazione che la mette in risalto, ed è abbastanza logico ritenere che questo tipo di reazione psicologica sia anche più rilevante in quei soggetti che, pur non essendo anziani, sono colpiti dalle patologie descritte. Se si considera che per il 2000 è previsto che in Italia gli anziani rappresenteranno il 25% della popolazione, si può immaginare quanto sia indispensabile per la società ed in particolar modo per l'industria che ne rappresenta la base economica ridefinire i prodotti per soddisfare le future esigenze.

Il compito che si presenta al mondo della progettazione per i prossimi anni non è certo dei più facili, poiché, se in molti casi usando semplicemente buon senso è possibile realizzare prodotti utilizzabili da un'ampia gamma di soggetti (si pensi ad esempio a tutti gli apparecchi comandati da pulsantieri, dove un semplice dimensionamento più opportuno

può risolvere parecchi problemi), non sempre è possibile trovare soluzioni ottimali per richieste a volte in antitesi fra di loro. E' indispensabile quindi acquisire una nuova mentalità progettuale che non si limiti a soddisfare pochi parametri funzionali ed estetici, ma che prenda in considerazione le molteplici esigenze di tutti i soggetti sociali. Un esempio possiamo ricavarlo anche dal mondo dei serramenti, pensati nella maggior parte dei casi per individui senza problemi, infatti, se consideriamo una normale finestra ci accorgiamo per esempio che il bambino o l'anziano costretto a passare parecchie ore seduto non possono godere del panorama esterno, poiché il davanzale preclude loro lo sguardo, oppure, se pensiamo all'altezza dove sono collocate le maniglie ci rendiamo conto della difficoltà per un bambino piccolo e per un disabile costretto in carrozzina di aprire una finestra; inoltre, nella quasi totalità i sistemi di apertura avvengono per rotazione una operazione spesso difficoltosa e dolorosa per soggetti anziani colpiti da artrosi. L'apertura e la chiusura delle griglie a battente normalmente costringe una persona a sporgersi creando problemi a chi soffre di vertigine o mancanza di equilibrio. Le porte di accesso sono nella maggior parte dei casi monodirezionali a battente unico e creano non pochi problemi di manovra a chi è costretto su di una sedia a rotelle, mentre invece se fossero bidirezionali a doppio battente con dei sistemi di protezione alla base potrebbero essere aperte spingendo con la carrozzina e consentire l'apertura con i piedi ad una persona con entrambe le mani impegnate. Alcune persone con ridotta percezione visiva e cognitiva hanno grossi problemi di valutazione della profondità, delle dimensioni e dell'orientamento specialmente in situazione di illuminazione ridotta e potrebbero essere molto agevolati da uno studio sulla diversificazione formale e da un'attenta applicazione del colore e della simbologia.

Si potrebbero fare molti altri esempi, ma credo che questi siano sufficienti a far capire quanto sia importante un approccio alla progettazione finalizzato alla realizzazione di oggetti non discriminanti che, pur consentendo l'utilizzo alle persone con problemi motori senza essere necessariamente protesi di tipo ospedaliero, semplifichino la vita anche a chi per sua fortuna non ha problemi.

La serramentistica e la disabilità: aspetti prestazionali e legislativi

La serramentistica è sempre stata un argomento di grande rilevanza, spesse volte di vitale importanza per l'utenza in stato di disabilità.

La serramentistica ha sempre costituito un punto nodale al quale noi dovremmo prestare maggiore attenzione per l'approntamento e la progettazione dell'accessibilità. Essa è, tanto più oggi, oggetto di analisi ed osservazione quando ci si attiva, sia tecnicamente che operativamente, alla verifica e all'abbattimento delle barriere architettoniche.

Eccoci arrivati a queste due importantissime parole: "barriere architettoniche". Termine ormai divenuto di uso comune, soprattutto nell'ambiente tecnico professionale e nel settore dell'industria delle costruzioni edilizie, ma che, ancora oggi, resta sconosciuto o non sufficientemente focalizzato e definito il suo ambito di applicazione ed il suo grado di coinvolgimento nel processo costruttivo. Pertanto, è opportuno ribadire, anche in questa sede, la loro esatta definizione, così come una recente disposizione normativa la enuncia.

Per barriere architettoniche si intendono:

- a) gli ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque ed in particolare di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- b) gli ostacoli che limitano o impediscono a chiunque la comoda e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti;
- c) la mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettano l'orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque e in particolare per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi.

In questa triplice definizione troviamo molti punti di riferimento che interessano nello specifico la serramentistica, ad esempio quanto un serramento ostacola la mobilità per carenze dimensionali della larghezza, o quando la sua movimentazione ed utilizzazione non possa effettuarsi in modo comodo e sicuro in tutte le sue parti e componenti, o quando il serramento, per la forma del profilo adottato o per la tipologia inadatta al tipo di destinazione d'uso, dello spazio che esso delimita, ecc., può divenire fonte di pericolo, ad esempio per i non vedenti o per i disabili psico-fisici.

E' indispensabile suddividere la serramentistica in due branche: una riguardante il serramento destinato al passaggio, alla comunicazione fra spazi, ambienti e volumi architettonici; l'altra destinata alla aerazione e all'illuminazione. L'una consente l'accessibilità spaziale, l'altra ne determina la vivibilità ed il comfort, elementi che, se diventano importanti per un utente cosiddetto "normale o normodotato", assumono requisito fondamentale ed irrinunciabile per un utente disabile. La serramentistica è però ulteriormente divisibile in due sottogruppi: serramentistica per interni e per esterni. Anche questi due sottogruppi rivestono un'importanza differenziata dal così detto utente normale a quello disabile ed è, sostanzialmente che: per il normodotato il serramento per l'esterno e per l'interno assume una pura differenziazione dovuta al posizionamento o alla qualità dei materiali, per il disabile, invece, il serramento interno, se sottodimensionato o scomodo nell'uso, compromette l'accessibilità interna all'alloggio, ai vari locali ed ai servizi igienici, rendendo la vita del disabile estremamente complicata e invivibile; il serramento esterno, invece, gli impedisce di uscire o entrare nell'edificio, di utilizzare gli spazi esterni all'alloggio (poggioli, terrazze, cortili, ecc.) compromettendo la sua potenzialità di inserimento sociale, lavorativo, culturale, innescando così quella condizione di emarginazione e di abbandono che è la condizione più temuta e più combattuta del mondo dell'handicap.

Entrando più approfonditamente nel tema del nostro intervento, faccio notare che la barriera più diffusa nella serramentistica e più sofferta dai disabili, è rappresentata dall'insufficiente dimensionamento della larghezza che non consente il passaggio con sedia a ruote. La concezione e la determinazione della larghezza di passaggio risponde a dei parametri tecnico-culturali che l'uomo ha assunto nel corso della storia a seconda delle diverse esigenze che man mano insorgevano. Quello che è certo, è che le dimensioni delle larghezze hanno dipeso sempre da fattori economici (passaggio di animali, carri, automobili), militari (problemi di sicurezza e di difesa). La serramentistica ha da sempre rapportato la sua tipologia dimensionale all'uomo efficiente, in posizione eretta, trascurando, fino a qualche decennio fa, le esigenze insorgenti nell'utente e il rapporto funzionale che esso aveva nei riguardi della destinazione d'uso dello spa-

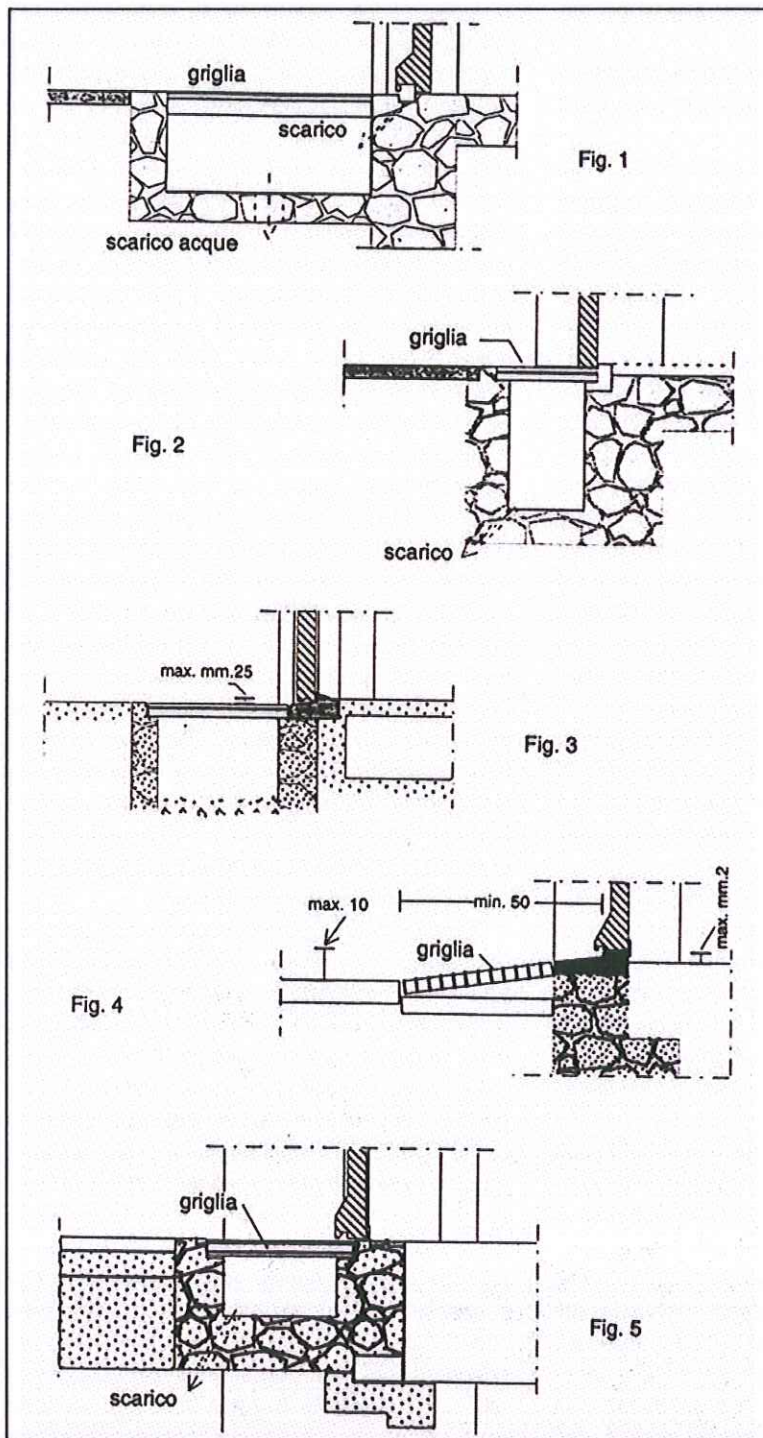


Fig. 70

Per quanto possibile, è meglio evitare o ridurre le soglie, anche se sono consentite altezze non superiori a mm. 25.

Gli esempi illustrati nelle specifiche schede offrono alcune soluzioni possibili per abbassare la soglia di acqua o la sua infiltrazione.

A lato di questa scheda sono illustrate soglie complanari adatte all'impiego fra ambienti esterni ed interni quando non sono protetti da pensilina.

Le griglie utilizzate devono avere una maglia massima di mm. 15x15.

zio architettonico. Basti pensare alle diverse dimensioni che assumono oggi i vari serramenti rispetto ad un centinaio di anni fa, ad esempio: per gli ospedali, le carceri, le camere mortuarie, i luoghi di lavoro, le case di abitazione, ecc.. Con l'aumento, nell'epoca moderna, della standardizzazione, la divulgazione di una cultura tecnica inneggiante al "minimo dimensionale" (mini appartamenti, minibus, miniauto, monolocali, ecc.) ha ulteriormente peggiorato la tipologia dimensionale della serramentistica, diffondendo nelle nostre case serramenti sempre più stretti e scomodi nell'uso. La tipologia che la serramentistica oggi diffonde sul mercato, è quella del battente unico per le porte d'accesso agli edifici. Di frequente però, ci si imbatte ancora, soprattutto per le costruzioni esistenti o per quelle dei centri storici, in una tipologia a doppio battente, uno dei quali da utilizzare quale battente di servizio nei casi di passaggio con oggetti ingombranti; l'altro, destinato al passaggio dell'utenza. Per ovvii motivi dimensionali dell'intero sistema "porta d'accesso", il battente destinato al passaggio dell'utente viene realizzato con dimensioni di larghezza strettamente rapportate alla sagoma e all'ingombro del corpo umano, ben lontano dalle misure minime per il passaggio di una carrozzina. La tipologia della serramentistica impiegata, i sensi di apertura dei battenti, il posizionamento del vano porta rispetto ai collegamenti e agli ambiti spaziali nei quali vengono inseriti, concorrono a definire un altro livello potenziale di barriera. Ad esempio: l'uso di serramenti in serie o collocati in modo da realizzare uno spazio di accesso a filtro o a bussola, costituiscono una barriera se non sono correttamente posizionati in modo da lasciare un sufficiente spazio per la manovra di accostamento alle maniglie, da parte di disabili in carrozzina, si dovrà quindi porre attenzione affinché i raggi d'ingombro di apertura e chiusura dei battenti non invadano gli spazi necessari alla manovra della sedia a ruote. La tipologia riconosciuta dagli specialisti e dagli esperti in barriere architettoniche, maggiormente rispondente alle esigenze dei disabili è quella a battente unico con anta scorrevole o in alternativa, a battente unico con apertura a libro. Riferendomi solo ai serramenti che mettono in relazione gli spazi residenziali con poggioli, terrazze e giardini, si è potuto rilevare, nell'ultimo decennio, una sostanziale mutazione tipologico-costruttiva, che ha contribuito ad aumentare, aggra-

vando, il grado di barrieramento assunto dalla serramentistica per esterni. Si è passato dal serramento con stipiti poggianti sulla soglia (la quale sporgendo dal pavimento di 2 - 3 cm., realizzava la battuta dell'anta consentendo il passaggio con sedia a ruote), al serramento con "traversa di tenuta", la quale, essendo formata dallo stesso profilo del serramento, sporge notevolmente dal pavimento, costituendo elemento di barriera non solo agli utilizzatori di sedia a ruote, ma anche ai portatori di protesi ortopedica rigida o semirigida agli arti inferiori. La traversa di tenuta è nata fondamentalmente con l'entrata in vigore della Legge 373 e Legge 10/91 sul contenimento del consumo energetico, infatti viene per questo chiamata "traversa di tenuta", proprio perché risolve il problema costituito dalla tradizionale soglia che non garantiva una sufficiente tenuta termica del serramento. Altri importanti fattori che concorrono a classificare una serramentistica barrierata da una accessibile sono gli accessori di corredo impiegati. A questo punto è bene soffermarsi ad analizzare ogni singolo accessorio e ad elencarlo qui di seguito:

Cerniere e cardini di porte e finestre: se non correttamente montati sui serramenti, impediscono l'apertura o chiusura dei battenti. Se nella costruzione delle cerniere non si adottano materiali tecnologicamente all'avanguardia, come: calotte in nylon, appoggi a sfera, sistemi autolubrificanti, si compromette la facilità di manovra. La scelta del tipo di cerniera in rapporto al peso del battente, è alla base di un buon e duraturo funzionamento del serramento. Maniglie: dopo la componente dimensionale della larghezza "traversa di tenuta" alla soglia quali cause fondamentali della presenza di barriere architettoniche nella serramentistica, la successiva per importanza e sicuramente costituita dalla manigliera, dal suo corretto posizionamento in altezza e dal suo design, che dovrebbe garantire la prensilità e la facilità di movimentazione a tutto il serramento, sia esso porta a finestra. Il design e l'industria dell'accessorio serramentistico si è notevolmente sbizzarrita nel proporre forme e tipi diversi di maniglie, essi sono: maniglie a leva, maniglie a pomello, maniglie a barra o a blocchetto.

Sicuramente le più diffuse sono le maniglie a leva, infatti questa tipologia è quella più accessibile sia per il disabile su sedia a ruote, che per l'amputato parziale o traumatizzato temporaneo agli arti supe-

riori, la manovra di apertura e chiusura, sarà facilitata anche per chi ha le mani occupate da oggetti, perchè la rotazione del perno dello scrocco è realizzabile con il semplice appoggio (es.: del gomito) sulla maniglia a leva. Per facilitare la prensibilità e la manovrabilità per i disabili è opportuno che la leva sia estesa ed allungata un pò di più di quelle di oggi in commercio. Questa osservazione trova riferimento anche nelle norme per l'abbattimento delle barriere architettoniche in vigore, che impongono per una serramentistica accessibile l'adozione di maniglie a leva allungata e/o maniglione per tutto il battente (es.: per spazi igienici pubblici su battenti a bandiera). Serrature: qui arriviamo al punto dolente; l'attenzione progettuale della produzione non si è quasi mai posta il problema che anche una serratura può essere o divenire una barriera. La serratura riveste una duplice importanza: una rivolta alla sicurezza, da intendersi, in due modi e cioè sicurezza di non far entrare nessuno nel locale bloccando la porta, e sicurezza di essere efficiente, di permettere e garantire la via d'uscita dallo stesso locale a tutte le persone ivi presenti; (non è raro che i mass media riportino, nella cronache, di incidenti, infortuni e decessi accaduti perchè in determinate situazioni non si era riusciti a sbloccare talune serrature), per questo le caratteristiche tecnico funzionali che le serrature debbono avere sono simili a quelle delle maniglie, cioè facile manovrabilità, facile individuazione e giusto posizionamento sul battente. È d'obbligo far rilevare, riferendosi alla manovrabilità in rapporto e nei confronti dei disabili, e cioè che le serrature, oggi, maggiormente adottate per la serramentistica, inducono a far compiere all'utente lo stesso movimento, cioè della rotazione del polso e dell'avambraccio. Questo può divenire una barriera per i soggetti disabili, anziani, e bambini, che in particolari condizioni fisiche non sono capaci di operare una rotazione del polso e dell'avambraccio per i più svariati motivi. I produttori di serrature non sono e non hanno mai prodotto delle serrature di tipo meccanico a cilindretto, che non siano utilizzabili se non attraverso la rotazione della chiave o di un pomello. Ecco individuato un campo ove si può tecnologicamente intervenire e far avanzare il prodotto serrature. Molte ditte produttrici di serrature si sono poste questo problema, ed oggi, esistono delle soluzioni alla manovrabilità, alla individua-

lità, al posizionamento attraverso l'impiego dell'elettronica; difatti quasi tutte le ditte produttrici inseriscono nella propria produzione serrature ad azionamento elettronico. Si trovano sul mercato, di recente commercializzazione, prodotti che impiegano serrature elettroniche con azionamento a fotocellula e con telecomando, sia per l'apertura che per la chiusura di sicurezza. L'uso del telecomando elimina l'impiego della chiave, la rotazione del polso consentendo l'apertura e chiusura a distanza. Sulla serratura è posto un segnale luminoso che permette di orientare il telecomando nella direzione giusta per l'azionamento, consentendo inoltre una facile individuazione della toppa della serratura, al buio, elemento importante per quei soggetti con limitazione della vista e anziani. L'azionamento con telecomando può presentare un solo inconveniente per alcuni tipi di disabilità della mano e del braccio che non consentono un facile uso dei pulsanti e dei tasti di manovra. Ciò è facilmente superabile con l'accortezza di adottare telecomandi che abbiamo una opportunità grandezza e agevole disposizione dei tasti. Da qualche tempo si stanno studiando altri tipi di serrature nelle quali si fa uso dell'elettronica, mi riferisco alle serrature a scheda magnetica, anche questo tipo di serratura elimina il compimento della rotazione per l'azionamento. La scheda può divenire la soluzione giusta per limitare il numero di chiavi e il numero di serrature diverse da impiegare. Elimina, inoltre, un altro punto di scomodità per tutti, quello cioè dell'ingombro e del peso che esse comportano. Chiudi porta aerei, blocca ante, pompe a pavimento per la chiusura automatica dei battenti: questi accessori, se non vengono applicati nel modo giusto e se non regolati, tarati, posizionati regolarmente, divengono degli elementi che danneggiano l'accessibilità del serramento. E' frequente trovare disabili od anziani indaffarati, alle prese con il battente di una porta che non si apre o si apre parzialmente e con difficoltà, questo a causa dell'errata taratura del chiudiporta automatico o della pompa a pavimento in cattivo stato di manutenzione. Si constata facilmente quanto questi accessori pur essendo applicati ai serramenti, rispondenti alle caratteristiche di accessibilità, se non costantemente tenuti sotto controllo, limitano o convertono l'accessibilità. I blocchiporta o bloccabattente, vengono messi in una posizione naturale per normodotato, cioè nella parte

bassa dell'anta, posizione però, fuori dalla portata di un disabile in carrozzina o di un anziano, invalidando, in questo modo, lo scopo e la funzione del blocco, posto che sia quella di far rimanere il battente in posizione di apertura per facilitare il passaggio. Maniglioni di sicurezza antipanico: da qualche anno, questo tipo di accessorio, ha trovato ampia diffusione ed applicazione, soprattutto nell'edilizia di carattere collettivo e sociale, quale: scuole, teatri, luoghi di riunione pubblici, edifici amministrativi pubblici e privati, nonché nel settore dell'edilizia destinata alla grande distribuzione: negozi, centri commerciali, centri direzionali, ecc. Un contributo importante alla diffusione del maniglione di sicurezza antipanico, lo ha dato la normativa sulla prevenzione degli incendi per la sicurezza dei luoghi di riunione pubblici e privati, imponendo l'adozione del maniglione antipanico su tutti delimitanti le vie di accesso e di fuga ai fini della protezione antincendio, atte a garantire l'esodo e il deflusso degli occupanti gli spazi e i volumi architettonici.

L'azionamento del maniglione di sicurezza antipanico non presenta di solito grosse difficoltà di manovra per il disabile. Si può comunque perfezionare tutto il meccanismo prevedendo ad esempio delle piastre o dei punti di azionamento nella parte bassa dei battenti per consentire lo sbloccaggio e l'apertura con una semplice pressione, (ad esempio con la pedanina della sedia a ruote o con un bastone, o col piede), rendendo la manovra, in caso di fuga repentina, facile, sicura ed immediata.

L'azionamento del maniglione di sicurezza antipanico non presenta di solito grosse difficoltà di manovra per il disabile. Si può comunque perfezionare tutto il meccanismo prevedendo ad esempio delle piastre o dei punti di azionamento nella parte bassa dei battenti per consentire lo sbloccaggio e l'apertura con una semplice pressione, (ad esempio con la pedanina della sedia a ruote o con un bastone, o col piede), rendendo la manovra, in caso di fuga repentina, facile, sicura ed immediata.

La normativa sulla sicurezza, ai fini della prevenzione degli incendi impone, come si è detto, l'uso del maniglione di sicurezza antipanico. Questo ha portato, in particolari edifici destinati alla cura, alla custodia ed allo sviluppo delle attività dei disabili (vedi: istituti di qualificazione professionale, scuole e centri

specializzati per l'educazione ed il recupero di soggetti con disabilità psicofisiche gravi, reparti di gerarchia e di neuro-psichiatria degli ospedali e dei siti ospedalieri a destinazione specifica) a scontrarsi con la suddetta normativa. I serramenti muniti di maniglioni antipanico, non garantiscono l'incolumità dei degenti o degli utenti della struttura perché attraverso lo sblocco del maniglione antipanico, si dà la possibilità, oltre che di fuga verso l'esterno, di sottrarsi al controllo ed alla sorveglianza del personale addetto. E' comprensibile che tutto ciò ha creato e crea tuttora delle situazioni pericolose coinvolgenti la responsabilità degli operatori, innanzitutto, ma anche, indirettamente, la nostra in quanto progettisti e realizzatori di dette strutture. Abbiamo potuto constatare direttamente, in un Centro dell'Alto Adige specializzato per il recupero e la riqualificazione di disabili psicofisici gravi, in che modo il Direttore del Centro abbia volontariamente scelto, ai fini della incolumità e sicurezza quotidiana, di bloccare tutti i maniglione antipanico installati nei reparti con un artigianale pezzo di legno posto in maniera da impedire lo sblocco dell'antipanico su tutte le porte di sicurezza e non. Il Direttore si rendeva conto dell'enorme responsabilità di cui si caricava in caso di emergenza, sosteneva però, che il rischio che gli utenti del Centro potessero fuggire o farsi male, era elevato e costante rispetto al rischio d'incendio o al verificarsi di altre emergenze. La contraddizione delle normative, la potenzialità e frequenza del verificarsi di una situazione di vero e reale pericolo, impone al legislatore, al progettista, e alle aziende produttrici, di studiare e trovare altri accorgimenti o soluzioni tecnologiche che rispondano a questo dualismo reale sull'applicazione di maniglie di sicurezza antipanico. Riteniamo doveroso, a conclusione di questo nostro intervento, soffermarci sul punto riguardante la normativa oggi in vigore, inerente la serramentistica, ai fini del superamento ed abbattimento delle barriere architettoniche. In allegato a questa nostra relazione troverete un'elencazione di normative nelle quali si fa specifico riferimento ai requisiti tecnico dimensionali dei serramenti. Le ditte produttrici sono tenute alla loro osservanza, sia per la fornitura di prodotti per l'edilizia pubblica che per quella privata entrambe sottoposte ai requisiti normativi tendenti all'ottenimento dell'accessibilità generale ed incondizionata.

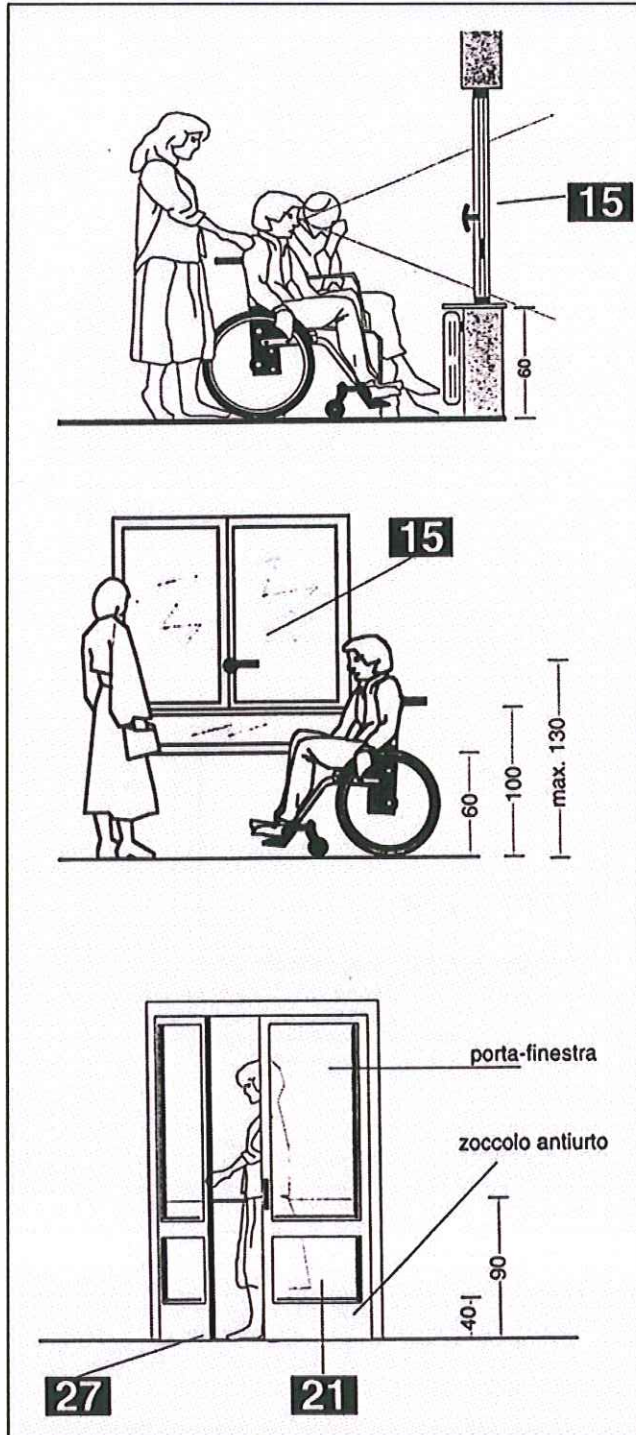


Fig. 72

Decreto Ministeriale 14 giugno 1989, n. 236

omissis...

4.1.3 Infissi esterni

Le porte, le finestre e le porte finestre devono essere facilmente utilizzabili anche da persone con ridotte o impedito capacità motorie o sensoriali.

I meccanismi di apertura e chiusura devono essere facilmente manovrabili e percepibili e le parti mobili devono poter essere usate esercitando una lieve pressione.

Ove possibile si deve dare preferenza a finestre e parapetti che consentono la visuale anche alla persona seduta.

Si devono comunque garantire i requisiti di sicurezza e protezione dalle cadute verso l'esterno.

4.1.8. Balconi e terrazze

omissis...

E' vietato l'uso di porte finestre con traversa orizzontale e pavimento di altezza tale da costituire ostacolo al moto della sedia a ruote.

omissis...

8.1.3. Infissi esterni

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra cm. 100 e 130; consigliata 115 cm.

Per consentire alla persona seduta la visualizzazione anche all'esterno, devono essere preferite soluzioni per le quali la parte opaca del parapetto, se presente, non superi i 60 cm. di altezza dal calpestio, con l'avvertenza, però, per ragioni di sicurezza, che l'intero parapetto sia complessivamente alto almeno 100 cm. e in attraversabile da una sfera di 10 cm. di diametro. Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o protetto per non causare infortuni.

Le ante mobili degli infissi esterni devono essere usate esercitando una pressione non superiore a kg. 8.

**Circolare Ministero Lavori Pubblici
19 giugno 1968, n. 4809**

omissis...

Art. 7

Accessi

omissis...

Qualora sia indispensabile prevedere una soglia, il dislivello massimo non deve superare i 2,5 cm.

La zona antistante gli accessi deve essere protetta dagli agenti atmosferici per una profondità minima di 2,00 m. Negli accessi provvisti di soglia, questa deve essere arrotondata e realizzata con materiale atto ad assicurare l'immediata percezione visiva e acustica.

omissis...

DPR 27 aprile 1978, n. 384,

omissis...

Art. 21

Servizi di navigazione marittima nazionale.

Le aperture dei portelloni di accesso a bordo impiegabili per i minorati trasportati con autovettura o poltrona a rotelle devono avere dimensioni adeguate all'agevole passaggio della autovettura o poltrona a rotelle (per quest'ultima è richiesta larghezza non inferiore a m. 1,50) e non presentare pertanto soglie o scalini.

omissis...

Il percorso predetto dev'essere privo di ostacoli, con eventuali dislivelli di pendenza, in generale non superiore al 5% e di larghezza, nel caso di impiego di poltrone a rotelle, non inferiore ad 1,50 m. Il ponte corrispondente deve essere rivestito con materiale antisdrucchiolevole. Eventuali soglie e simili devono avere altezza non superiore a cm. 2,5. Le presenti disposizioni non si applicano agli aliscafi.

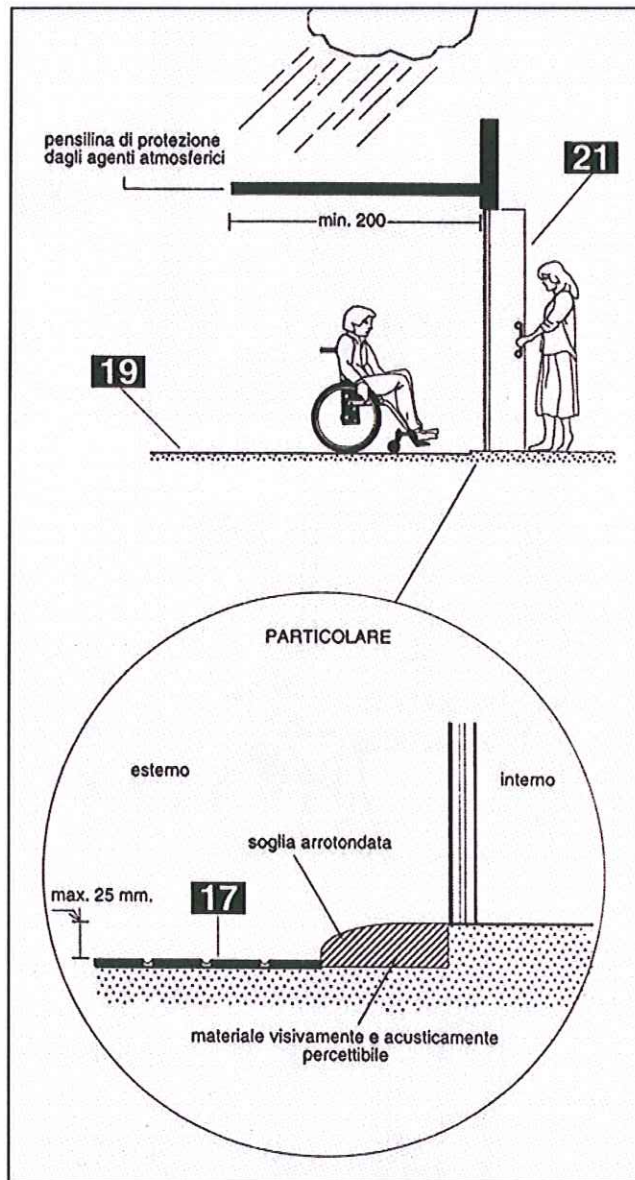


Fig. 73

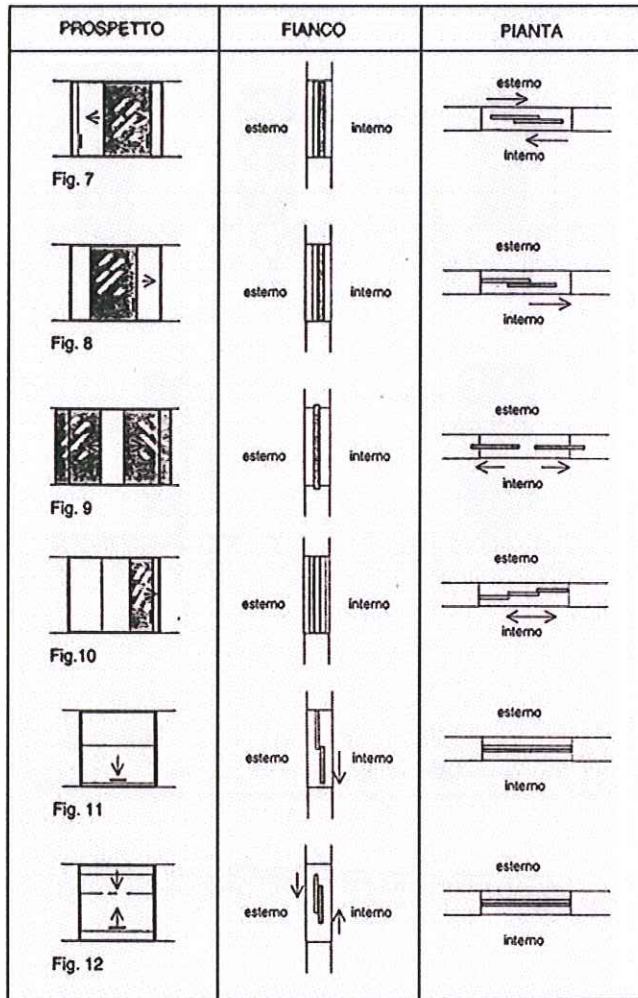


Fig. 74

I serramenti, in cui si utilizza l'apertura e la chiusura dell'anta a scorrimento orizzontale possono essere facilmente manovrate da tutte le persone purché il movimento non richieda una forza superiore ad 8 kg. e la maniglia sia situata ad una altezza adeguata alle persone in carrozzina.

In genere questi infissi richiedono una adeguata manutenzione.

Fig. 7

L'infisso con movimento scorrevole orizzontale a due partite è facilmente manovrabile se esiste un'adeguata maniglia che in genere risulta incassata e quindi difficoltosa per le persone con difficoltà di coordinazione e controllo degli arti superiori. La pulizia risulta alquanto scomoda.

Fig. 8

L'infisso con movimento scorrevole orizzontale ad una partita è facilmente manovrabile ma risulta estremamente scomoda la sua pulizia.

Fig. 9

L'infisso con movimento scorrevole orizzontale a due partite complanari è facilmente manovrabile da gran parte delle persone anche non deambulanti se, le maniglie sono collocate ad adeguata altezza.

Fig. 10

L'infisso con movimento scorrevole orizzontale a tre partite, anche se facilmente manovrabile richiede notevole forza di spinta e notevoli difficoltà per le persone non deambulanti.

Fig. 11

L'infisso con movimento scorrevole verticale a due partite (a ghigliottina) è soprattutto inadatto alle persone non deambulanti, a quelle utilizzando un solo arto superiore ed agli anziani e persone con scarso equilibrio.

Il problema può essere risolto dotando le ante di opportuni contrappesi. Notevoli difficoltà nella pulizia.

Fig. 12

L'infisso con movimento scorrevole verticale a due partite autobilanciato è inadatto alle persone con difficoltà di coordinamento dei movimenti, alle persone mutilate ad un arto superiore e ai non deambulanti.

A lato sono illustrati due esempi di soglie adatte all'impiego fra ambienti esterni ed interni purché protetti da pensilina. Fig. 9, 10.

Le Fig. 11 e 12, illustrano soluzioni particolarmente adatte in ambienti interni.

L'ultima immagine della scheda illustra una piastrella in gres porcellanata studiata appositamente per superare piccoli dislivelli.

Il gres porcellanato, particolarmente resistente ad ogni agente esterno e il suo aspetto estetico, grazie alla vasta gamma di colori, garantiscono a questo particolare prodotto l'inserimento in ogni ambiente.

L'installazione delle piastrelle avviene su una base di cemento che non deve superare l'8% di pendenza.

La successione di piastrelle permette di superare qualsiasi tipo di dislivello, mantenendo sempre la pendenza dell'8%. Lo spigolo arrotondato non crea ostacolo alle ruote piroettanti anteriori di una carrozzina e non costituiscono un pericolo per urti accidentali.

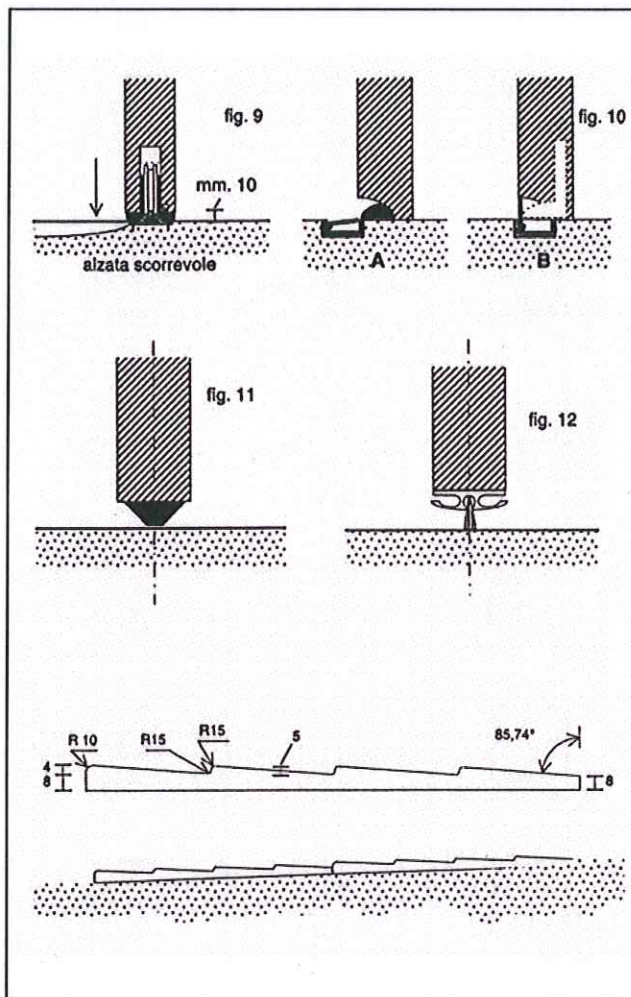


Fig. 75

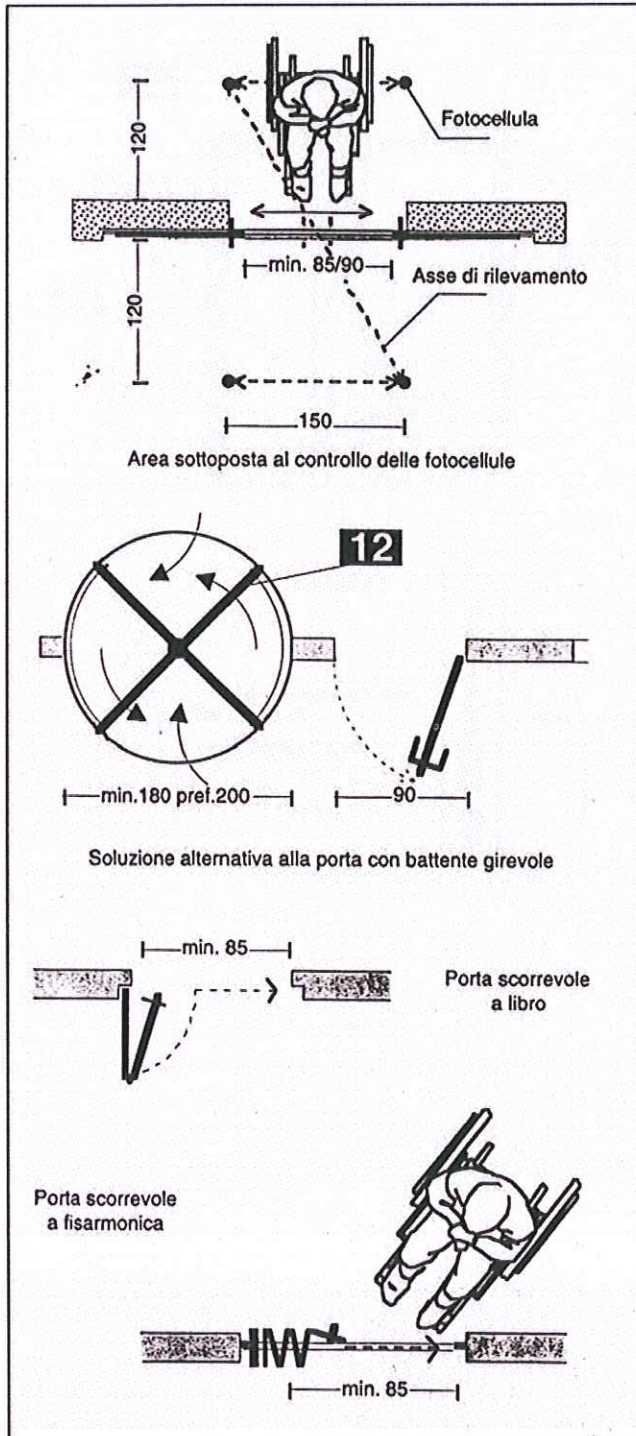


Fig. 76

Nel caso di porte automatizzate, occorre porre molta attenzione alla collocazione delle fotocellule di rilevamento eventualmente in dotazione.

L'area di rilevamento deve consentire il passaggio e l'esodo senza incorrere in chiusure improvvise delle porte durante il passaggio delle ruote posteriori o dell'eventuale accompagnatore.

Le porte girevoli sono da escludersi per le persone in carrozzina o persone con bastoni, grucce o passeggini. Possono essere utilizzate da anziani, cardiopatici, artritici, non vedenti, ecc... purché siano accessoriate con maniglioni orizzontali posti a cm. 90 di altezza da terra e purché la pressione di spinta del battente non superi gli 8 kg.

Quando le porte girevoli siano indispensabili, a lato di esse è utile prevedere porta ad anta la cui larghezza consenta l'accesso di una persona in carrozzina.

In genere le porte scorrevoli a libro o a fisarmonica, se non sono automatiche, sono sconsigliate per una destinazione a persone in carrozzina quando non presentano un adeguato maniglione verticale che consenta un'agevole manovra di apertura e chiusura.

La forza di pressione necessaria alla manovra del battente, per le porte interne non dovrebbe superare i Kg. 3,5.

In caso di adeguamento di edifici alle norme antincendio, occorre porre particolare attenzione al tipo di porta scelta. Infatti spesso vengono erroneamente collocate porte a battente che anche in posizione di apertura presentano un eccessivo ingombro al passaggio, senza tenere conto che una persona disabile in carrozzina o con bastoni, necessita di una luce netta di cm. 85 per il passaggio stesso.

Diventa quindi importante anche nel caso di posa in opera di porte tagliafuoco prevedere battenti a larghezza diversa, con maniglioni posti a cm. 80/90 di altezza e possibilmente manovrabili con una forza di spinta non superiore a Kg 8.

Regolamento di attuazione dell'art. 27 della L. 30 marzo 1971, n. 118

omissis...

**Art. 7
Accessi**

Al fine di agevolare l'accesso all'interno della struttura edilizia è necessario prevedere varchi e porte esterne allo stesso livello dei percorsi pedonali o con essi raccordati mediante rampe.

omissis...

Nel caso di porte esterne, gli infissi devono consentire la libera visuale fra interno ed esterno.

**Art. 12
Porte**

Al fine di rendere agevole l'uso delle porte, queste devono essere di facile manovrabilità anche da parte di persone a ridotte o impedite capacità fisiche.

omissis...

I materiali con cui devono essere realizzate le porte e gli stipiti devono essere resistenti all'urto ed all'usura, specialmente per le parti comprese entro un'altezza di 0,40 m. dal pavimento. Le porte interamente realizzate con materiali trasparenti devono presentare accorgimenti atti ad assicurare l'immediata percezione.

omissis...

L'apertura e la chiusura delle porte deve avvenire mediante una leggera pressione e preferibilmente essere accompagnata da apparecchiature per il ritardo della chiusura stessa. Le maniglie devono consentire una facile manovra, in genere è preferibile l'uso di maniglie a leva. La maniglia deve essere posta ad un'altezza massima di 0,90 m.

Nel caso di adozione, nelle porte a ventola, di barre o corrimani di apertura verticali, questi devono essere di sezione adeguata, atta ad assicurare la presensibilità.

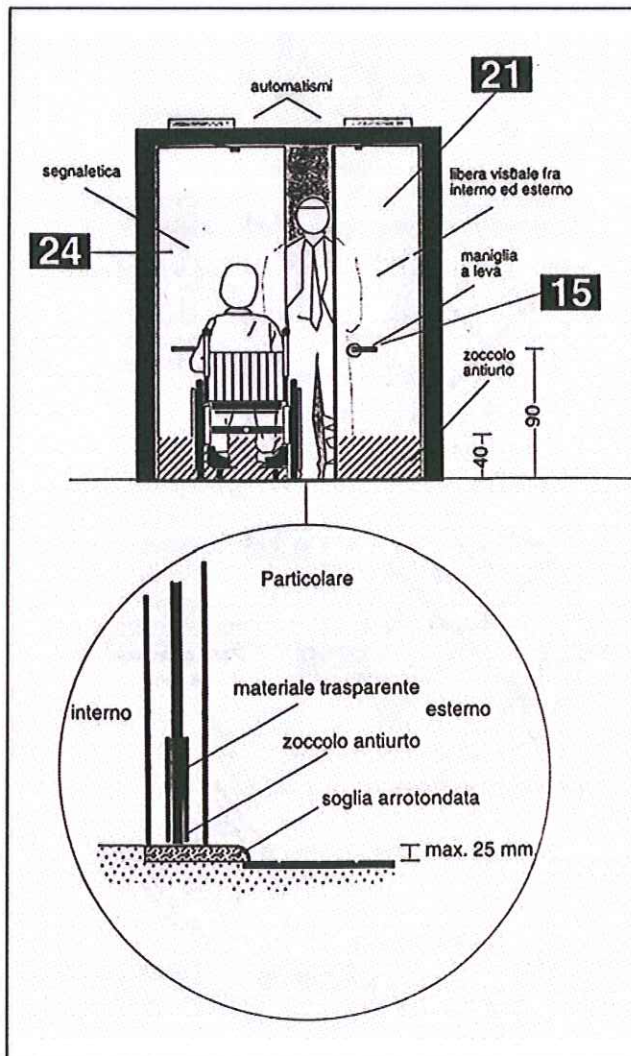


Fig. 77

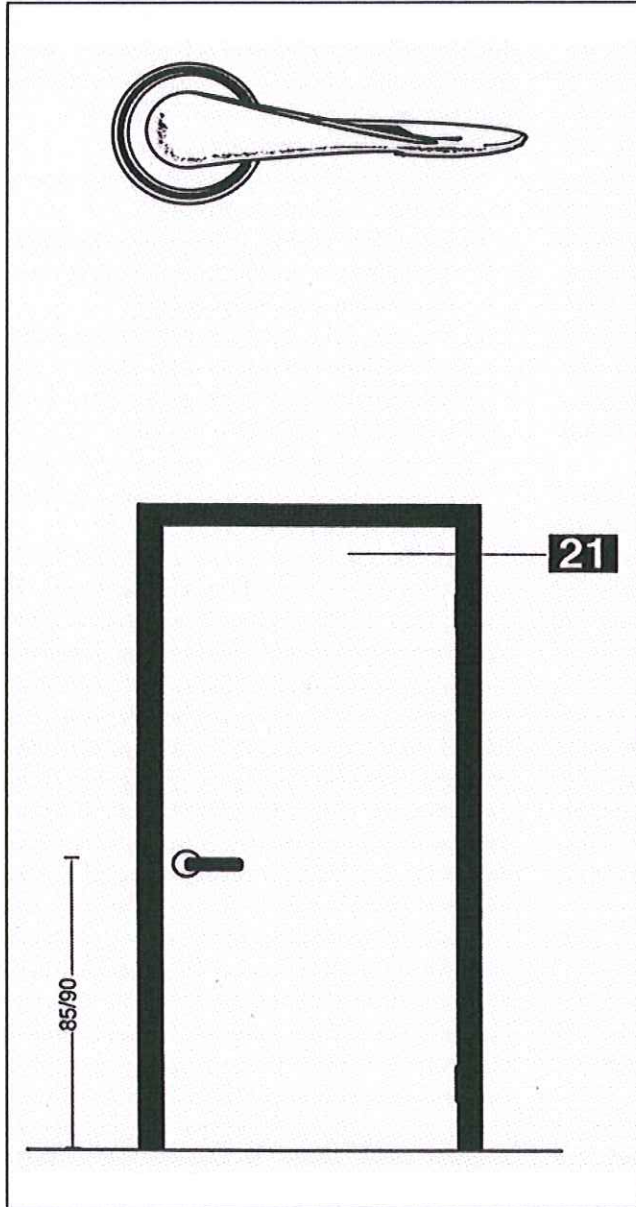


Fig. 78

omissis...

Le maniglie devono consentire una facile manovra, in genere è preferibile l'uso di maniglie a leva.

La maniglia deve essere posta ad un'altezza massima di 0,90 m.

Nel caso di adozione, nelle porte a ventola, di barre o corrimani di aperture orizzontali o verticali, questi devono essere di sezione adeguata, atta ad assicurare la prensibilità.

Art. 18
Edifici scolastici

omissis...

Le strutture insieme dovranno avere le caratteristiche di cui agli articoli 7,8,9,10,11,12,13,14,15 e 16, le strutture esterne quelle di cui all'art. 4 del presente regolamento.

omissis...

Art. 23
Aerostazioni

omissis...

Le strutture esterne connesse agli edifici debbono avere le caratteristiche di cui agli articoli 3,4 e 5 del presente regolamento; le strutture interne degli edifici aperti al movimento dei passeggeri debbono avere le caratteristiche di cui agli articoli 7,8,9,10,11,12,13,14,15 e 16 del presente regolamento.

I dispositivi normativi fondamentali

- Circolare Ministero dei LL.PP. n. 425 d.c. 20.01.1967 riguardante gli standard residenziali ai quali i tecnici progettisti devono attenersi nella progettazione di manufatti edilizi destinati alla residenza. Nella circolare si fa specifico riferimento ed invito ai progettisti di fare attenzione al dimensionamento dei varchi e delle porte in modo da consentire il passaggio e l'utilizzazione dei disabili. Un secondo provvedimento normativo è la circolare del Ministero dei LL. n. 4809 d.c. 19 giugno 1968 riguardante l'emanazione di norme per assicurare l'utilizzazione degli edifici sociali da parte dei minorati fisici e per migliorarne la godibilità generale.

Questa circolare è la prima normativa specifica rivolta all'abbattimento delle barriere architettoniche nella quale si fa esplicito riferimento alla serramentistica e più in particolare alla dimensione delle porte, alla manovrabilità, al design e all'utilizzo di parti-colari materiali resistenti all'usura, nonché al posizionamento sul battente degli accessori.

Fin dal 1968 dunque, esisteva una normativa per gli edifici sociali, norma che è stata costantemente evasa e disattesa in tutto il territorio nazionale, basta ricordare la situazione di certi edifici tutt'oggi esistenti, quali: scuole, università, oratori, cinema, teatri, stadi, piscine, palestre, ecc., per verificare immediatamente quanto sia stata.

- Di grande rilevanza è il D.P.R. 384 del 27 aprile 1978, perché è il decreto normativo che fa cambiare rotta a tutto il settore tecnico delle costruzioni, rimasto fino allora insensibile e mai coinvolto nel tema dell'eliminazione delle barriere architettoniche.

Esso fa assumere maggiore coscienza, anche alla componente politico sociale nazionale, ne diventa la legittimazione ed il riconoscimento della giustezza di tantissime battaglie compiute sia dalle associazioni di categoria dei disabili, che di singoli cittadini colpiti dalla malasorte di una disabilità. Il campo di applicazione è esteso sia agli edifici a carattere collettivo sociale, che a quelli privati ricadenti nelle categorie degli esercizi pubblici o aperti al pubblico, ad esempio: ristoranti, alberghi, bar, negozi, teatri, cinema privati, discoteche, scuole private, palestre, ecc. Il riferimento alla serramen-

tistica è uguale alla circolare del 1968 n. 4809, si differenzia sostanzialmente nel prevedere degli spazi appositi per le manovre antistanti e retrostanti gli accessi e le porte di accesso agli edifici.

Il limite di questa normativa consiste:

- a) non coinvolge nel suo campo di applicazione l'edilizia residenziale privata,
- b) lascia delle confuse definizioni a interpretazioni diverse e contrapposte su cosa si intende per edificio collettivo sociale,
- c) non entra nel campo specifico della vivibilità e accessibilità all'interno degli alloggi di edilizia pubblica economico popolare, per cui il riferimento normativo riguarda solo gli accessi agli edifici, il raccordo alle parti esterne, l'accessibilità alle parti comuni: ascensori, corridoi, scale, ecc.

- Con l'emanazione della Legge n. 13 del 9 gennaio 1989 e ancor più con il Decreto Ministeriale 14 giugno 1989 n. 236 specifica le prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica, sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento o dell'eliminazione delle barriere architettoniche, si impone un'ulteriore svolta sia tecnica ma ancor più culturale a tutto il settore delle costruzioni edilizie intese, senza più nessuna distinzione, fra pubblico e privato. La legge 13/89 è una delle poche Leggi in Italia che anticipa una posizione culturale sia del settore delle costruzioni, ma ancor più di quello tecnico dei progettisti e della loro formazione. Il riferimento è esplicito alla scuola tecnica, (geometri e periti edili), all'università di ingegneria e di architettura, le quali a parer mio, non sono ancora ben strutturate per la formazione di tecnici progettisti che diano poi, in concreto nel rapporto professionale, le risposte che la legge intende dare ai cittadini al riguardo del prodotto edilizio progettato e realizzato. Alla Legge n. 13 ed al D.M. n. 236, si riconosce il merito di essere una norma che persegue in modo abbastanza soddisfacente gli obiettivi di abbattimento delle barriere architettoniche negli edifici privati, nelle parti condominiali e negli alloggi, incentivando attraverso l'erogazione di contributi, l'esecuzione delle opere di abbattimento. Introduce i tre concetti: dell'accessibilità, dell'adattabilità e visibilità che la rendono

Le porte non devono avere le singole ante con larghezza superiore a cm. 120 perché larghezze superiori possono costituire ostacolo nella manovra del battente ed il loro peso richiedere eccessivo sforzo.

la larghezza minima di un'anta per il passaggio di una carrozzina prevista dal D.P.R. 384 e dal D.M. 236 corrisponde già a quanto prodotto industrialmente se si considera che il modulo di base è cm. 10 e corrisponde alla distanza fra i due settori verticali del contro telaio.

Negli schemi a lato sono suggerite anche porte a vetro nelle diverse forme e dimensioni ma è bene ricordarsi che sono da evitare le porte il cui vetro non sia di sicurezza.

Sulle ante di vetro vanno poste opportune segnalazioni di sicurezza fra i cm. 100 e cm.180 di altezza da terra; altezza corrispondente al normale asse visivo di bambini e adulti che consente la percezione immediata della porta e dell'ostacolo in caso di anta chiusa.

Per prevenire infortuni e facilitare la visibilità, in luoghi di notevole traffico, è consigliato dotare i battenti di una finestra verticale o orizzontale.

Nessuna porta deve aprirsi direttamente su un vano scala ma è necessario prevedere una piattaforma di sicurezza che consenta un'agevole manovra in fase di apertura e chiusura del battente.

Il sistema di apertura o di chiusura di un battente della porta non dovrebbe richiedere una forza di pressione superiore a Kg. 8, meglio se i valori sono (soprattutto per le porte interne) compresi fra i Kg. 1 e Kg. 3,5.

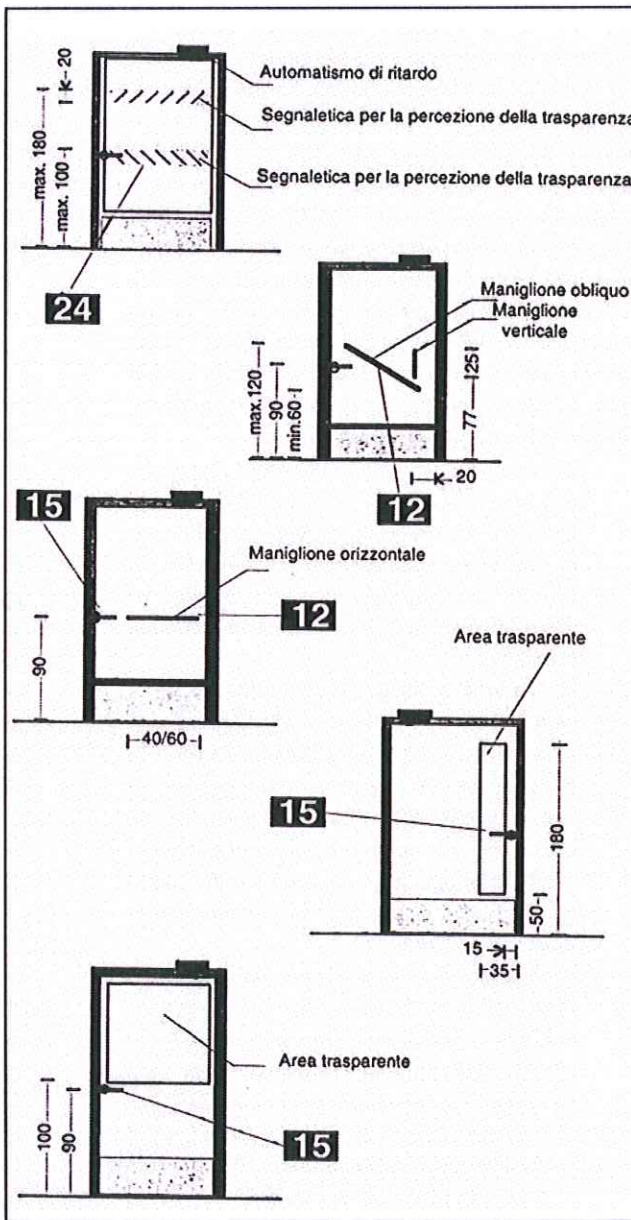


Fig. 79

allo stesso tempo flessibile nell'applicazione contribuendo a far maturare una cultura della residenza per la quale i requisiti minimi dimensionali, le qualità del comfort e la comodità nell'uso dei componenti tecnologici adottati nelle abitazioni, sono elementi irrinunciabili da parte, non solo, di un destinatario disabile, ma da tutti. Rimanendo alla normativa allegata a questo intervento, per quanto concerne le caratteristiche tecnico dimensionali inerenti la serramentistica, ritengo di poter concludere questo intervento riferito alla normativa in vigore, riportando i concetti fondamentali che la Legge n. 13 e il D.M. n. 236 assumono per qualificare l'organismo edilizio privo di barriere architettoniche.

- Per accessibilità si intende la possibilità anche per persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio o le singole unità immobiliari ed ambientali, di entrarvi agevolmente e di fruire di spazi ed attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia.
- Per visibilità si intende la possibilità, anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di accedere agli spazi di relazione ad almeno un servizio igienico di ogni unità immobiliare. Sono spazi di relazione gli spazi di soggiorno o pranzo dell'alloggio e quelli dei luoghi di lavoro, servizio ed incontro nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta.
- Per adattabilità si intende la possibilità di modificare nel futuro lo spazio costruito a costi limitati, allo scopo di renderlo completamente ed agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotta od impedita capacità motoria.

- 1) Circolare Ministero dei LL. PP. Standard Residenziali n. 425 d. d. 20.01.1967 "Aspetti Qualitativi-Barriere Architettoniche" punto 6, si accenna alle dimensioni delle porte per consentire il passaggio di carrozzelle per disabili. Invita tutti i progettisti a porre attenzione alle cosiddette barriere architettoniche.
- 2) Circolare Ministero dei LL. PP. 19 Giugno 1968 n. 4809 campo di applicazione per strutture edilizie a carattere collettivo e sociale per le nuove e le esistenti costruzioni edilizie.

2.2. Strutture Edilizie

2.2.1. Accessi: varchi e porte esterne allo stesso livello dei percorsi luce netta m. 1,50 soglia h cm. 2,5.

2.2.6. Porte

Facile manovrabilità (senza alcuna specifica indicazione)

- a) caratteristiche: luce netta m. 0,85
ottimale m. 0,90
 - per porte a due battenti, un battente con larghezza min. di m. 0,85
 - per porte successive, spazio intermedio di m. 1,10 oltre quello delle ante aperte.
- b) specificazioni materiali: stipiti resistenti all'urto o all'usura, paracolpi fino ad una altezza di m. 0,40 dal pavimento. Le porte trasparenti si debbono predisporre con particolari accorgimenti per la loro percezione.
- c) risalti: evitare spigoli, risalti, riporti, cornici, per evitare danni alle persone in caso d'urto.
- d) apertura e chiusura attraverso "leggera pressione" con apparecchiature per il ritardo della chiusura.
- e) maniglie con design che permetta una facile manovra - preferibili maniglie a leva altezza maniglia dal pavimento, max m. 0,90.
- f) per porte a ventola con barre o corrimano orizzontali o verticali, gli stessi dovranno avere adeguata sezione per una buona prensilità.

2.3.3. Locali igienici

- a) caratteristiche: porta con luce minima netta di m. 0,85, apribile verso l'esterno.

2.4.1. Ascensori:

- a) caratteristiche porta di cabina luce netta minima di m. 0,90
- b) porte interne ed esterne alla cabina a scorrimento laterale automatico con dispositivo per l'arresto e l'inversione della chiusura delle porte (cellula fotoelettrica, costole mobili). Le porte devono avere un meccanismo di temporizzazione, in posizione aperta, non inferiore a 8 secondi ed il tempo di chiusura non inferiore a 4 secondi.

2.4.2. Impianti telefonici pubblici:

- a) caratteristiche: la porta d'accesso alle cabine telefoniche deve avere una luce netta minima di m. 0,85 e deve essere sempre apribile verso l'esterno.

b) specificazioni: la porta di accesso deve consentire la libera visuale tra interno ed esterno e deve essere dotata di apposito corrimano orizzontale posto ad una altezza di m. 0,80 per l'apertura a spinta.

D.P.R. 384 d.d. 27.04.1978: Campi di Applicazione:

strutture pubbliche di carattere collettivo e sociale - nuove costruzioni e costruzioni già esistenti.

Art. 7 - Struttura Edilizia in Genere

accessi: prevedere varchi e porte esterne allo stesso livello dei percorsi pedonali. - gli accessi devono avere una luce netta minima di ml. 1,50

- sporgenza della soglia dal pavimento, max cm; 2,5 e con bordi arrotondati.

- nel caso di porte esterne, gli infissi devono consentire la libera visuale tra interno ed esterno.

Art. 8 - Piattaforme di distribuzione

Il vano scala deve essere separato con un infisso disposto in modo da evitare di essere imboccato involontariamente uscendo dagli ascensori.

Art. 12 - Porte

facile manovrabilità per i disabili. Le porte comprese quelle dei gabinetti, devono avere una luce netta minima di m. 0,85 con dimensione media ottimale di ml. 0,85 con dimensione media ottimale di ml. 0,90.

Nel caso di porte a due o più battenti, uno dei battenti deve avere una dimensione minima netta di ml. 0,85 o avere un meccanismo che consenta l'apertura dei due battenti con una unica manovra.

In caso di porte successive, deve essere garantito uno spazio intermedio libero tra le porte di almeno ml. 1,50 oltre quello interessato dalle ante in apertura.

I materiali delle porte e degli stipiti devono essere resistenti all'urto ed alla usura, specialmente per le parti comprese entro i ml. 0,40 dal pavimento.

Le maniglie devono consentire una facile manovra, è preferibile l'adozione di maniglie a leva; la maniglia deve essere posta ad un'altezza massima di ml. 0,90. Nel caso di porte a ventola, di barre o di corrimani di apertura verticali ed orizzontali, questi devono essere di adeguata sezione per assicurare la prensilità.

Art. 14 - Locali Igienici

- La porta di accesso deve avere una luce netta minima di ml. 0,25 e deve essere sempre apribile verso l'esterno.

Art. 15 - Ascensori

- Porta di cabina di luce netta minima di ml 0,90, e deve avere una luce libera sul ripiano di fermata anteriormente alla porta della cabina di almeno ml. 2,00. - deve avere le porte interne ed esterne a scorrimento laterale automatico.

- Il sistema di apertura e chiusura delle porte, deve essere dotato di idoneo meccanismo per l'arresto e l'inversione della chiusura delle porte stesse (cellula fotoelettrica, costole mobili) in caso di ostruzione del vano porta.

- Le porte di un ascensore automatico devono rimanere aperte per almeno 8 secondi ed il tempo di chiusura non deve essere inferiore a 4 secondi.

Art. 19 - Tramvie, Filovie, Autobus, Metropolitane

- Le porte delle vetture devono essere sufficientemente larghe per consentire il passaggio della carrozina.

Art. 21 - Servizi di Navigazione Marittima Nazionale

- Le aperture dei portelloni di accesso a bordo, impiegabili per i minorati trasportati con autovettura o poltrona a rotelle, devono avere dimensioni adeguate all'agevole passaggio delle stesse (per la poltrona a rotelle è richiesta una larghezza non inferiore a ml. 1,50 e non presentare soglie o scalini).

Art. 23 - Aerostazioni

- Per le aerostazioni, le strutture esterne connesse agli edifici, devono avere le stesse caratteristiche di cui agli artt. 3, 4, 5; le strutture interne degli edifici aperti al movimento dei passeggeri, debbono comprendere le caratteristiche degli artt. 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

Art. 24 - Servizi viaggiatori in transito nelle stazioni ferroviarie, aeroportuali e nelle metropolitane

- I servizi per i viaggiatori (ristoranti, bar, servizi igienici), dovranno essere accessibili agli invalidi.

Art. 25 - Impianti Telefonici Pubblici

- Le porte di accesso devono avere una luce netta minima di ml. 0,85.

Legge 9 gennaio 1989 n. 13 - Vista l'importanza che riveste la conoscenza delle varie disposizioni, si ritiene necessario allegare fotocopia completa della suddetta legge.

* Estratti da D. M. del 14 Giugno 1989, n.236.

Legge 13 del 9 Gennaio 1989.

L'informazione per un progetto senza barriere

Prima di parlare del progetto che come Frames abbiamo intenzione di portare a compimento, volevo dire due cose sugli argomenti che abbiamo osservato nelle relazioni precedenti che hanno spiegato in maniera esaurientemente e dettagliata i problemi delle norme, dell'accessibilità, ecc. In tutto questo non si inserisce in modo secondario e casuale la presenza di una rivista, perché proprio queste relazioni hanno mostrato come sia necessario trovare un modo migliore di comunicare e di mettere in maggiore relazione gli utenti, i progettisti e le aziende perché a volte gli stessi intenti non vengono compresi in maniera chiara dai vari soggetti ed alcune proposte che sono già sul mercato potrebbero essere, più facilmente e utilmente, avvicinate alle richieste dei progettisti. Fra l'altro abbiamo visto nella relazione ironica di Salvemini come le riviste abbiano una grande responsabilità, le pagine patinate delle riviste hanno indotto lo sciagurato utente a comperare la sedia luciferina che è stata la causa di tanto disastro. Però le riviste hanno sì le pagine patinate e interventi di architettura ecc. ma sono anche un utile punto di confronto e di promozione del dibattito, luogo dove appunto queste idee possono circolare e possono essere sostenute.

Frames che si occupa di serramenti ha come sottotitolo anche "architettura dei serramenti" perché pretende di trattare l'argomento "infisso" dal punto di vista tecnologico e dal punto di vista estetico, mettendolo in relazione al contesto architettonico con cui questo componente viene ad operare. Avere questa visione, che abbraccia vari aspetti del processo costruttivo, vuol dire partecipare anche al dibattito che la cultura architettonica sostiene. Tra gli argomenti, che attualmente si presentano all'attenzione dei progettisti, un tema mi pare di grande interesse: quello di pervenire a dei progetti per spazi accessibili da tutti; perché il progetto è la fase iniziale che determina anche situazioni costruite, situazioni costruite che se mal progettate o mal costruite possono essere esse stesse una barriera, per cui uno degli elementi che viene dibattuto nel mondo della progettazione è quello di pervenire ad un progetto ed ad una costruzione con valenze universali. Pur non entrando nel problema specifico della disadattabilità che è molto grave e che in qualche situazione richie-

de interventi espressamente indirizzati, però molto potrebbe essere fatto per arrivare a delle costruzioni che abbiano migliori requisiti di accessibilità anche se non specifici e migliori requisiti di sicurezza e comfort con vantaggio per tutti. Come avete compreso e sentito dalle relazioni di questo convegno, ognuno in varie fasi della propria vita può essere "disabile", nel senso che non può utilizzare o percepire sempre agevolmente le strutture che gli sono messe a disposizione. Un bambino, per problemi di statura, non arriva agevolmente ad una maniglia o non ha la forza di trascinarsi la porta: lo stesso bambino crescendo possiede dei mezzi normali per utilizzare tutto poi nella vecchiaia è afflitto da nuovi e diversi problemi di utilizzo e accessibilità agli spazi. Noi come rivista abbiamo sempre promosso ogni tipo di attenzione a questi problemi, tant'è che nel 1987 abbiamo proposto una serie di manifestazioni che abbiamo raccolto sotto il nome di Forum triennale, perché riunivano in un articolato periodo in una serie di eventi, concorsi, dibattiti su questi temi. In particolare volevo soffermarmi sul caso del progetto che Fantini ha mostrato dello studente francese che proponeva un sistema lieve per l'apertura delle ante dall'interno, ebbene questa situazione trova una risposta sul mercato già da diverso tempo: un'azienda italiana produce un sistema che, almeno apparentemente, non ho l'esperienza di Fantini, risolve dall'interno e in maniera forse anche più agevole lo stesso problema.

Altro caso il problema di alcune pulizie dei vetri segnalato nella relazione di Fantini: la nostra rivista Frames ha mostrato diverse soluzioni di questo tema anche con interventi creativi di sicura efficacia. Questo per dire come una rivista possa partecipare attivamente, anche con il proprio piccolo operare, per costruire progetti senza barriere: ampliando il dibattito, mostrando soluzioni propositive e mettendo in relazione il mondo del progetto e di chi costruisce. Questo è essenzialmente il ruolo che una rivista intende svolgere e che può svolgere ultimamente perché l'informazione non completa o solo accentrata o ferma su alcuni aspetti estetici diventa anche essa stessa una barriera. Invece per concludere l'intervento, volevo raccontare l'attività che Frames ha svolto in questi ultimi anni per favorire appunto una progettazione che portasse alla costru-

della giornata in modo diversificato in funzione delle zone del corpo:

testa	7%
mani	5%
braccia	14%
tronco	35%
cosce	19%
gambe	13%
<u>piedi</u>	<u>7%</u>
totale	100%

Una seconda considerazione è dovuta alla modalità di cessione dell'energia all'ambiente circostante:

A questo riguardo va tenuto presente che durante la stagione invernale la potenza termica complessivamente ceduta in un ambiente termicamente confortevole da un soggetto sedentario acclimatato, può essere così suddivisa nelle diverse componenti:

- per conduzione: trascurabile
- per convezione: 25-30%
- per irraggiamento: 40%
- latente (traspirazione + respirazione): 20-25%

Quanto riportato nelle due ultime tabelle è di basilare importanza per confrontare le possibilità di interazione del serramento con la condizione dell'utente stesso. I parametri da analizzare sono la temperatura radiante e la temperatura operativa:

TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

$$T_r = \sum T_i \times F_i$$

T_i = TEMPERATURA DELLA PARETE

F_i = FATTORE DI FORMA

TEMPERATURA OPERATIVA

$$T_o = \frac{hc}{h} T_a + \frac{hr}{h} T_r$$

T_a = TEMPERATURA MEDIA ARIA

T_r = TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

h_c = COEFFICIENTE CUTE/ARIA

h_r = COEFFICIENTE DI IRRAGGIAMENTO

Tabella 52

Grandezza	Condizioni invernali	Condizioni estive
Temperatura dell'aria	22 °C ± 1 °C	24 °C + 1 °C
Umidità relativa dell'aria	45% ± 5%	55% ± 5%
Temperatura media radiante	15 °C ÷ 29 °C	1 °C ÷ 32 °C
Velocità dell'aria	≤ 0.15 M/S	≤ 0.15 M/S
Tipo di abbigliamento	1 CLO	0.5 CLO
Livello di attività	1.2 MET	1.2 MET
	ULTERIORI CONDIZIONI	
Temperatura superficiale del pavimento	19-29 °C	
Asimmetria di temperatura radiante di superfici verticali	≤ 10 °C	
di superfici orizzontali	≤ 5 °C	
Gradiente di temperatura dell'aria fra testa e caviglie	≤ 3 °C	
Dati di progetto per il comfort termoigrometrico		

Nel primo si fa riferimento alla sola temperatura superficiale dei componenti ovvero telaio e vetratura; nel secondo entrano in gioco anche l'aria e l'abbigliamento dell'utente.

Il materiale con cui è costituito il telaio quindi non è di secondaria importanza anche se la superficie è ridotta; un elemento che presenti valori di trasmittanza termica bassi è in grado di aumentare il comfort e di ridurre le condense superficiali.

Comfort acustico

Caratteristica essenziale in casi in cui l'edificio è dedicato al soggiorno ed alla cura di soggetti con particolari patologie.

Più in generale l'abbattimento di rumore proveniente dall'esterno da parte del serramento è funzione dei parametri seguenti:

- PERMEABILITA' ARIA
- PARTE VETRATA
- RUMOROSITA' ESTERNA
- TELAIO
- FISSAGGIO A MURATURA

Un paragone molto semplice da effettuarsi (naturalmente solo come riferimento generico) può essere realizzato paragonando i dati relativi a:

Tabella 53

Livelli sonori in alcune situazioni ricorrenti	
Sorgente	Livello sonoro in db
Soglia di udibilità a 1000 HZ	0
Fruscio di foglie - Studio radiofonico -Telefonico	20
Media conversazione	40
Strada a scarsa circolazione	60
Strada a elevata circolazione	60
Officine rumorose - Radio ad alto volume	90
Clacson di automobile	100
Motore di Jet - Soglia del dolore	120

Tabella 54

Livelli sonori raccomandati in locali	
Grandi aule per conferenze, lezioni, ecc.	30
Camere da letto in zone urbane	35
Soggiorni in zone di campagna	40
Soggiorni in zone suburbane	45
Soggiorni in zone urbane	50
Aule scolastiche	45
Uffici privati (singoli)	45/50
Ufficio generali (numerosi impiegati)	55/60

Tabella 55

Abbattimento di rumorosità (potere fonoisolante) del serramento	
Finestra senza tenuta a vetratura semplice	25
Finestra con doppio vetro, guarnizioni addizionali e vetrate di medio spessore	30
Finestra con guarnizioni speciali, distanza fra i vetri minore di 60 mm e vetro spesso	40
Cristallo spessore 3 mm	25
Cristallo spessore 6 mm	30
Cristallo spessore 12 mm	35
Parete di mattoni spessore 16 cm con intonaco	40

- GUARNIZIONI

I dati riportati variano naturalmente in funzione del materiale con cui è realizzato il serramento, con l'accuratezza della posa del tipo di guarnizioni utilizzate.

Comfort visivo

Viene sempre lasciato in secondo piano il comfort visivo o la verifica del livello di illuminamento o soprattutto di abbagliamento di un ambiente interno.

Forse per un normotipo può essere un elemento secondario o di facile risoluzione, per una utenza particolare con difficoltà magari non solo motorie può rappresentare una barriera invisibile.

I parametri da considerare possono essere:

- LIVELLO ILLUMINAMENTO

- DISTRIBUZIONE DEL LIVELLO DI ILLUMINAMENTO

- LIMITAZIONE ABBAGLIAMENTO

- RESA CROMATICA

Vengono riportati per semplicità solo due dati relativi all'illuminamento naturale ed artificiale

Un aiuto di notevole interesse viene dato dalla norma UNI 10344 relativa a "Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia" facente parte delle direttive della legge 10/91 sul risparmio energetico.

Vengono date le indicazioni su come considerare gli oggetti orizzontali e gli edifici limitrofi per tenere in debito conto l'apporto della radiazione solare che influenza anche il grado di illuminamento interno.

Tabella 56

Livelli di illuminamento con illuminazione naturale per un illuminamento esterno di 5000 LX			
Grado di visibilità	Valori raccomandati		Valori minimi Ammissibili nel punto più oscuro (LUX)
	Medio (LUX)	Non punto più sicuro (LUX)	
Mediocre	40	30	20
Normale	80	60	40
Buono	165	150	100

Tabella 57

Livelli di illuminamento con illuminazione generale artificiale				
Grado di visibilità	Valori raccomandati		Valori minimi tollerati	
	Medio (LUX)	Minimo (LUX)	Medio (LUX)	Minimo (LUX)
Mediocre	40	25	20	10
Normale	80	50	40	25
Buono	150	130	75	65
Ottimo	300	260	150	130

Ventilazione

Il grado di ventilazione influisce sul comfort ed ha risultati indiretti sulla rumorosità entrante dall'esterno e sulla permanenza di agenti inquinanti all'interno dei locali. I parametri da considerare sono:

- GRADO DI VENTILAZIONE
- VELOCITÀ ARIA
- ESPOSIZIONE CORPOREA
- ATTIVITÀ'

Ogni persona che svolge un'attività (anche quella di dormire) consuma energia e la disperde nell'ambiente in cui opera.

L'unità di misura più utilizzata per definire questa quantità di energia il MET (da metabolismo) che si presenta con i seguenti valori:

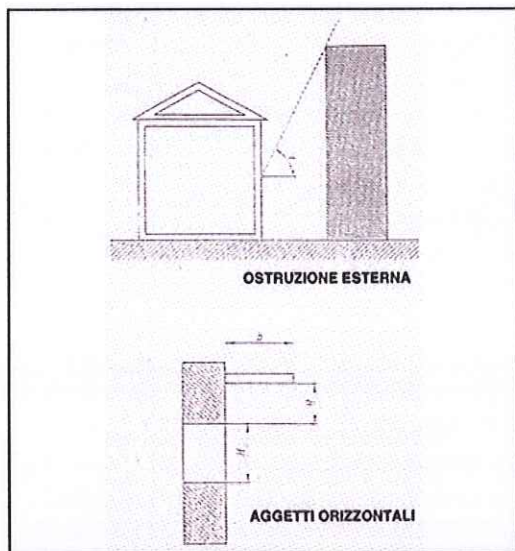


Tabella 58

Attività	Metabolismo (met)
A riposo	
- Dormiente	0,7
- Disteso	0,8
- Seduto, inattivo	1,0
- In piedi, rilassato	1,2
In cammino	
in pianura (km/h)	
- Andatura lenta	3,2 1,0
- Andatura abituale	4,8 2,6
- Andatura svelta	6,4 3,8
Occupazioni varie	
- Panificio	1,4÷2,0
- Birreria	1,2÷2,4
Carpenteria	
- Segna da tavolo	1,8÷2,2
- Segna a mano	4,0÷4,8
- Pialla a mano	5,6÷6,4
Fonderia	
- Martello pneumatico	3,0÷3,4
- Conduzione di forni	5,0÷7,0

Tabella 59

Resistenza termica di diversi tipi di abiti	
Abbigliamento	Resistenza termica/clo
Nudo	0
Bikini	0,01
Pantaloncini	0,1
Vestito tropicale abituale (pantaloncini, camicia aperta con maniche corte, biancheria leggera)	0,3
Vestito d'estate leggero (calzoni lunghi leggeri, camicia aperta, con maniche corte, biancheria leggera)	0,5
Vestito universale	1
Vestito pesante nordeuropeo tradizionale (con gilè, mutande lunghe e maglia con maniche lunghe)	
Vestito da lavoro	
Invernale Danese	2,2
Vestito Polare	4

Viene anche riportata, per conoscenza e perché rientra nel bilancio globale dell'individuo, la resistenza termica che gli indumenti oppongono al disperdimento di energia:

Tabella 60

Attività	Metabolismo (met)
Autorimessa	2,2÷3,0
Lavori di laboratorio	1,4÷1,8
Lavoro d'officina:	
- Leggero (ad es. industr. elettr.)	2,0÷2,4
- Pesante (ad es. acciaieria)	3,5÷4,5
Commesso di negozio	2,0
Insegnante	1,6
Orologiaio	1,1
Guida di veicolo	
- Auto	1,5
- Motocicletta	2,0
- Autocarro	3,2
- Volo normale	1,4
- Atterraggio strument.	1,8
- Combattimento aereo	2,4
Lavori domestici	
- Pulizie	2,0÷3,4
- Cucinare	1,6÷2,0
- Lavare e stirare a mano	2,0÷3,6
- Far compere	1,4÷1,8
Lavori d'ufficio	
- Dattilografia	1,2÷1,4
- Generico	1,1÷1,3
- Disegno	1,1÷1,3
Svaghi	
- Ginnastica	3,0÷4,0
- Ballo	2,4÷4,4
- Tennis, singolo	3,6÷4,6
- Pallacanestro	5,0÷7,6
- Lotta	7,0÷8,7
- Golf	1,4÷2,6

Tabella 62

Ambiente (persone/100 m ²)	Occupazione prevista (1)	Portata d'aria di ventilazione (m ³ per persona)	
		Minima	Raccomandabile
Uffici generici	10	25,5	25,5-42,5
Sale conferenze	65	42,5	51-68
Sale disegnatori	21	12	17-25,5
Centri meccanografici	32	8,5	12-17
Sale perforazione			
Schede	32	12	17-20,5
Grandi magazzini			
- Reparti di vendita	20-30	12	17-25,5
- Depositi	5	12	17-25,5
Autorimesse chiuse	-	27	36-55 (22)
Autofficine (3)	-	27	36-55(2)
Ristoranti			
- Sale da pranzo	75	17	5,5-34
Alberghi			
- Camere da letto	5	12	17-25,5
- Biblioteche			
- Sale da lettura	21	12	17-20,5
Ospedali			
- Spazi pubblici	54	34	42,5-51
- Camere singole e doppie	15	17	25,5-34
- Corsie	21	17	26,5-34

(1) Parametro indicativo, da utilizzare solo se non è nota la effettiva occupazione del locale
(2) m³/h per m² di pavimento
(3) Le postazioni di prova dei motori devono essere provviste di sistema di aspirazione dei gas di combustione

Tabella 63

Classe	Permeabilità a 100 Pa
A1	12 m ³ /h m
A2	6 “
A3	2 “

In base ad alcune ricerche effettuate a livello internazionale si devono garantire valori minimi di ventilazione se quanto riportato viene confrontato con la permeabilità all'aria del serramento.

Ovvero quanta aria può transitare dai giunti dello stesso è inevitabile una conclusione: non è

possibile dimensionare la ventilazione degli ambienti solamente con la finestra ma devono essere adottati sistemi integrativi e/o sostitutivi come sono stati introdotti in alcuni stati limitrofi al nostro.

Antintrusione

Caratteristica essenziale per il serramento esterno sia esso porta o finestra.

Norme di provenienza europea stanno per essere varate e quindi permetteranno di classificare l'elemento in base alle procedure previste.

E' di indubbia rilevanza l'elemento sicurezza, da questo punto di vista, soprattutto per l'utente con problemi di disabilità.

Un esempio di tale disponibilità viene dimostrato con un piccolo campione realizzato con profili in PVC con curvatura nel piano orizzontale, curvatura mai stata realizzata ed approfondita.

Il risultato è un serramento non più a superficie piana ma concavo o convesso in funzione delle necessità.

Una finestra o una porta potrà avere uno spazio supplementare per maggiore frenibilità e quindi essere più adatta a una utenza allargata.

Anche la visione verso l'esterno potrà migliorare per tutte quelle persone impedito all'affaccio da una finestra tradizionale.

Tabella 66

Descrizione	Tipo	Installazione	Costo
Contatto magnetico	Sensore	Interna	Basso
Sensore rottura vetro	Sensore	Interna o esterna vetro	Basso Medio
Sensore antisollevamento	Sensore	Interna (avvolgibile)	Basso
Vetro varilux (cristalli liquidi)	Attuatore	Interna al serramento	Elevato
Rilevatore passivo di infrarosso	Sensore	Interna o esterna	Basso
Rilevatore di fumo	Sensore	Esterna	Medio
Rilevatore di gas	Sensore	Esterna	Medio
Interruttore crepuscolare	Sensore	Attuatore interna o esterna	Medio



