I SERRAMENTI ESTERNI IN PVC
requisiti e prestazioni

ASSOCIAZIONE
ITALIANA
SERRAMENTI PVC

1 - La qualità europea dei serramenti
Dr. Corrado Venosta
Presidente SI-PVC

2 - L'architettura delle finestre nelle relazioni fra spazi interni ed esterni
Prof. Emilio Pizzi
Politecnico di Milano

3 - Intervenire nel centro storico: i serramenti
Arch. Fabrizio Bianchetti
Direttore rivista "Frames"

4 - PVC, prodotto ecologico
Dr. Gianni Benetta
Evc Italia

5 - Un prodotto attuale, il PVC
Dr. Pierantonio Vallaro
Basf Italia

6 - La progettazione termo-acustica del serramento secondo le nuove direttive nazionali
Ing. Marco Piana
Direttore SI-PVC

7 - La caratterizzazione al fuoco del serramento in PVC
Ing. Marco Piana
Direttore SI-PVC

Presentazione

L'associazione Italiana Serramentisti in PVC raccoglie con questo volume gli atti dei convegni che si sono svolti durante in 1991.
Gli incontri SI-PVC sono stati organizzati con il patrocinio degli Ordini degli Ingegneri, Architetti, Collegio dei Geometri e la rivista Nuova Finestra a cui viene indirizzato il nostro più vivo ringraziamento per la collaborazione prestata.
Gli incontri si sono svolti nelle città: Perugia, Fiuggi, Imperia, Torino, Roma, Modena, Padova, Verona.

La qualità europea dei serramenti

di Corrado Venosta

Premessa

L'attività di normazione e certificazione nel settore dei materiali polimerici è nata in Italia con l'inizio stesso dello sviluppo applicativo di tali materiali. Bastano a dimostrarlo ricordando alcune date:

- nel 1946 è stato costituito l'Uniplast con lo scopo di svolgere attività di normazione nel settore dei materiali plastici;
- nel 1956 viene fondato l'Istituto Italiano dei Plastici con lo scopo statutario di svolgere attività di certificazione, di gestire marchi di conformità e di favorire un corretto sviluppo delle applicazioni;
- nel 1957 l'UNI deposita il marchio IIP e lo dà in gestione all'Istituto Italiano dei Plastici;
- nel 1984 viene creato il Laboratorio Prove Materie Plastiche presso il Politecnico di Milano a supporto dell'attività di normazione e di certificazione.

La creazione delle varie strutture è merito dell'iniziativa di Montecatini, Fiat, Ferrovie dello Stato, oltre a numerose altre industrie e per il laboratorio del Politecnico per merito del prof. Giulio Natta.
Trent'anni fa l'industria petrolchimica italiana era in fase di velocissima crescita; l'Italia si inseriva fra i grandi produttori mondiali di materie plastiche con larghe quote produttive rivolte all'esportazione.
Occorreva creare un mercato interno qualificato e promuovere uno sviluppo controllato delle materie plastiche; finalità dei tre enti (I.I.P., Uniplast, Laboratorio Prove M.P.) era proprio quella di dare un apporto concreto al raggiungimento di tale obiettivo.
L'attività svolta nei trent'anni di collaborazione è stata notevole; in Italia disponiamo, oggi, nel campo delle materie plastiche, di una copertura normativa assai soddisfacente, di un'elevata competenza nel campo dei test per materie plastiche e manufatti; molte piccole e medie aziende hanno attinto al Laboratorio Prove conoscenze necessarie per lo sviluppo delle proprie tecnologie; settori industriali estremamente importanti producono manufatti di qualità elevata e costantemente certificata. La situazione delle concessioni di marchio di conformità attualmente operanti, costituisce un dato significativo dei risultati ottenuti a difesa della qualità.
In carenza di un valore cogente per le norme del settore, in mancanza di leggi a tutela del consumatore, in assenza di domande di prodotto qualificato da parte della maggioranza degli enti pubblici e delle pubbliche amministrazioni si può anche guardare con soddisfazione ai risultati raggiunti; essi sono il frutto dei notevoli sforzi compiuti da Uniplast, UNI, I.I.P. e Laboratorio Prove e di perseveranza di intenti. Tuttavia tali risultati sono assai modesti se commisurati al mercato e alle esigenze di una società industriale avanzata.
Il confronto con le situazioni esistenti nei più evoluti Paesi Cee ed Efta in vista dell'armonizzazione per l'eliminazione delle barriere tecnologiche, ha messo in evidenza una debolezza della qualificazione della domanda del mercato italiano e quindi una carenza da parte di molte aziende di strutture volte alla qualità.
Per lo più la normazione è stata considerata un'attività da tecnici di laboratorio, ignorando i riflessi che le norme possono avere sul mercato.
Ad un'attività di normazione che ha coperto larghi settori della produzione, corrisponde una diffusione della certificazione limitata ad alcuni settori. Una mancanza di cultura della qualità porta come conseguenze la mancanza di livelli, prestazioni, qualità di riferimento per i prezzi, mancanza di garanzia sulle prestazioni e durata attese; svilimento della competizione commerciale; minor spinta all'innovazione tecnologica; impreparazione alla partecipazione all'attività europea di normazione (scarsa partecipazione delle aziende; mancanza di dati tecnici, mancanza di norme cogenti di riferimento, ecc.).

Il sistema europeo di Certificazione

L'Atto Unico Europeo, entrato in vigore il 1° luglio 1987 dopo la ratifica da parte di tutti gli Stati Membri, che sanziona la volontà di accelerare la realizzazione del Mercato Unico Europeo, stabilisce l'adozione entro il 31-12-1992 di idonee misure per realizzare un mercato senza frontiere interne che assicuri la libera circolazione delle merci, delle persone, dei servizi e dei capitali.

Le barriere che dovranno cadere con l'inizio del 1993 sono:

- fisiche, cioè posti di frontiera;
- fiscali;
- tecniche.

EOTC - European Committee for Testing and Certification

- Comitati specializzati per discipline:
  esempio: Taratura, Testing, Certificazione, Ispezione.
- Comitati settoriali:
  esempio: Acqua, Gas.
- Gruppi di agreement.

EQS - European Committee for Quality Systems assesment and certification.

EAC - European Accreditation Certification.
Comitati Cencer.

Queste ultime di cui ci occuperemo, sono costituite da norme e regolamenti, standard qualitativi e relative certificazioni di conformità che ogni Paese della Comunità si è dato per stabilire livelli di prestazione ben definiti per esigenze di sicurezza, ma anche spesso per proteggere l'industria nazionale dalla concorrenza degli altri Paesi.
Appare allora evidente l'importanza attribuita dalla Cee alla preparazione di un corpo di regole e norme europee quale base per un sistema di certificazione, riconosciuto nei vari Paesi della Comunità, che attesti la conformità alle regole e norme stesse.

- L'armonizzazione legislativa riguarda l'approvazione, mediante direttive, dei requisiti essenziali di sicurezza (o di altre esigenze di carattere collettivo) ai quali devono soddisfare i prodotti immessi sul mercato che, in tal caso, possono circolare liberamente nella Comunità; gli stati membri possono, nel rispetto delle regole comunitarie e garantendo sempre la libera circolazione delle merci, emanare particolari specifiche tecniche (regole tecniche), la cui osservanza è obbligatoria, ai fini della salvaguardia della sicurezza e della salute dei loro cittadini;
- Agli organi competenti per la normazione industriale è affidato il compito di elaborare tutte le altre specifiche tecniche (norme tecniche), tenendo conto del livello tecnologico del momento, di cui le industrie hanno bisogno per produrre ed immettere sul mercato prodotti conformi ai requisiti essenziali fissati dalle direttive quando esistenti e conformi a livelli qualitativi e prestazionali ben definiti e accettati da tutti i Paesi; tali specifiche tecniche non devono essere obbligatorie bensì conservare il carattere di norme volontarie.

a) *L'armonizzazione legislativa*

Il Consiglio Cee ha già emanato diverse direttive per l'armonizzazione delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti alcune famiglie di prodotti; tra queste quella di maggiore interesse per il nostro settore è la 89/106 del 21 dicembre 1988, che riguarda i prodotti da costruzione e che deve essere recepita dagli Stati Membri entro il giugno 1991.
Il Consiglio Cee in data 13 dicembre 1990 ha emesso una decisione riguardante i moduli relativi alle diverse fasi delle procedure di valutazione della conformità da utilizzare nelle direttive di armonizzazione tecnica da scegliere in relazione ai rischi che possono essere causati da non conformità, dalla criticità di parametri produttivi e dall'influenza delle variazioni di queste sulle proprietà del prodotto.
Il marchio CE, apposto in modo visibile e indelebile su un prodotto (o sul suo imballo) attesta che il prodotto è in grado di assicurare la rispondenza ai requisiti essenziali fissati da una o più direttive comunitarie.
La direttiva sui prodotti da costruzione interessa, rimanendo nel nostro settore, materiali isolanti, finestre, porte, profilati vari, tubazioni e raccordi, condotte di trasporto acqua e di scarico; essa fissa i requisiti essenziali che le costruzioni e le opere di ingegneria devono rispettare e le norme per la certificazione o dichiarazione di conformità.
Il Comitato per le costruzioni della Cee (Standing Committe for Construction) ha emesso numerose guide per l'attestazione di conformità che riguardano il sistema di controllo di processo e di prodotto, l'attività di ispezione e di certificazione da parte di un ente terzo.
E' previsto che la Cee dia mandato al Cen di preparare norme che considerino i requisiti essenziali.

b) *L'armonizzazione normativa*

L'armonizzazione normativa viene attuata mediante l'elaborazione da parte degli organismi di normazione dei vari Paesi membri, di un sistema di norme comuni che dovranno tuttavia essere conformi ai requisiti essenziali fissati dalle direttive comunitarie, quando esistenti. Esse costituiscono il corpo di norme EN, la cui adozione da parte del produttore non è obbligatoria; sarà tuttavia il mercato europeo che potrà in pratica richiedere la rispondenza a norme EN, eventualmente certificata, come garanzia di livello qualitativo e prestazionale. L'attività europea di normazione dei prodotti è in pieno sviluppo; il Cen, l'Ente europeo di normazione, ha istituito da tempo numerose commissioni tecniche, composte da tecnici degli Stati Membri, operanti per conto degli enti nazionali di normazione, ed altre ne sta istituendo.
Le norme sono volte a fissare i requisiti prestazionali dei vari materiali, semilavorati e prodotti finiti ed i metodi di determinazione delle caratteristiche specifiche dei prodotti. Ma perché i cittadini europei possano avere la stessa fi-

ducia nei prodotti e nei servizi che provengono da ogni Paese della Comunità e possano avere rapidamente l'informazione della loro conformità a norme note e la tranquillità che tale conformità sia accertata e affidabile, è necessario costruire un sistema europeo di "certificazione".

c) *La certificazione*

La certificazione di conformità alle norme potrà essere attuata nei modi seguenti:

- dichiarazione di conformità: rilasciata dal produttore;
- attestazione di conformità rilasciata da un laboratorio terzo: certifica la conformità di un prototipo, un esemplare, un campione rappresentativo di una partita, di una fornitura;
- certificazione di conformità di prodotto: viene rilasciata da un ente terzo di certificazione che tiene costantemente sotto controllo l'azienda produttrice imponendo un autocontrollo di qualità ed effettuando saltuarie verifiche sul prodotto;
- certificazione del "sistema qualità" aziendale: viene rilasciata da un ente terzo che verifica l'esistenza e l'applicazione costante di regole e procedure e l'efficienza di un'organizzazione aziendale in grado di assicurare un'affidabilità costante del livello qualitativo atteso per la produzione dell'azienda stessa. La certificazione effettuata da enti terzi, è basata sulle norme europee di prodotto, di cui abbiamo parlato, ma anche su norme europee che stabiliscono sia le regole e procedure che devono essere applicate dagli enti certificatori, sia le garanzie di omogeneità di comportamento che questi organismi devono offrire.

La certificazione di prodotti e servizi viene attuata per mezzo di un organismo di certificazione (pubblico o privato) che controlla la permanenza della conformità sul luogo di produzione e sul mercato, applicando uno schema (o sistema, inteso come "modus operandi") di certificazione adatto al prodotto considerato:

- un laboratorio che effettua le prove di conformità;
- un ente, rappresentativo di tutte le categorie interessate, che gestisce e garantisce l'intero sistema (inteso come complesso di operatori e di attività) di certificazione attraverso l'accreditamento degli organismi di certificazione;
- un ente, rappresentativo di tutte le categorie interessate, che garantisce le prestazioni dei laboratori attraverso l'accreditamento.

La certificazione dei sistemi qualità viene attuata per mezzo di:

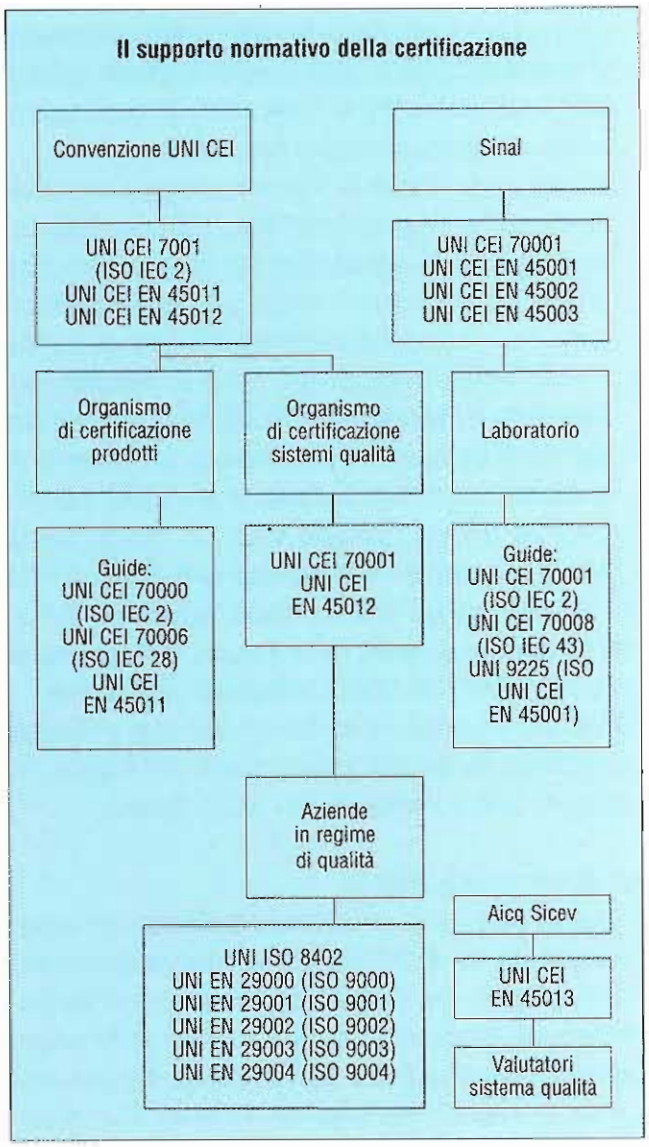
- un organismo di certificazione (pubblico o privato) che controlla la permanenza delle caratteristiche del sistema di qualità dell'azienda, applicando uno schema (o sistema, inteso come "modus operandi") di certificazione adatto nel settore produttivo considerato;
- un ente, rappresentativo di tutte le categorie interessate, che gestisce e garantisce l'intero sistema (inteso come complesso di operatori e di attività) di certificazione attraverso l'accreditamento degli organismi di certificazione. Per organismo di certificazione si intende (norma UNI-CEI 70005, Guida ISO-IEC n. 40) un organismo indipendente dal fabbricante e dall'acquirente, che attua un sistema di certificazione di conformità che consente di dichiarare con sufficiente livello di affidabilità, che determinati prodotti, processi o servizi, sistemi qualità aziendali, soddisfano le prescrizioni delle relative norme.

La certificazione del "sistema qualità" aziendale è nuova, per la maggior parte dei Paesi europei, essendo nata in Inghilterra, ma è destinata a svilupparsi rapidamente.
Già alcune aziende europee hanno cominciato a chiedere la certificazione del loro sistema qualità alle aziende che vorranno essere annoverate fra i propri fornitori.

d) *Mutuo riconoscimento*

L'aspetto conclusivo, ma anche il più delicato, per arrivare ad un sistema di certificazione europea veramente operante, in grado cioè di assicurare che la conformità certificata in un Paese della Comunità sia ritenuta effettivamente valida in ogni altro Paese della Comunità, è il mutuo riconoscimento fra i vari organismi nazionali di accreditamento ed in cascata fra i laboratori e gli enti di certificazione accreditati nei vari Paesi. Ciò potrà avvenire sia per iniziativa dei vari enti, che sotto la spinta della Comunità Europea che, giustamente preoccupata di rendere rapidamente funzionante la libera circolazione delle merci, sta sviluppando iniziative adeguate.
Il 15 aprile dello scorso anno con un accordo fra Cee, Efta, Cen e Cenelec è stato costituito un ente denominato "European Organisation for Testing and Certification" EOTC che deve costituire il punto di riferimento per tutti i problemi connessi con le verifiche di conformità.
Esso è organizzato in:

- comitati orientati per discipline (esempio calibrazione, testing, certificazione, ecc.);
- comitati settoriali (sono operanti il "Comitato acqua" e il "Comitato gas");
- i gruppi di agreement (dovrebbero essere trasformati in gruppi di agreement i comitati di certificazione Cencer, divisione del Cen che coordina le attività di certificazione).

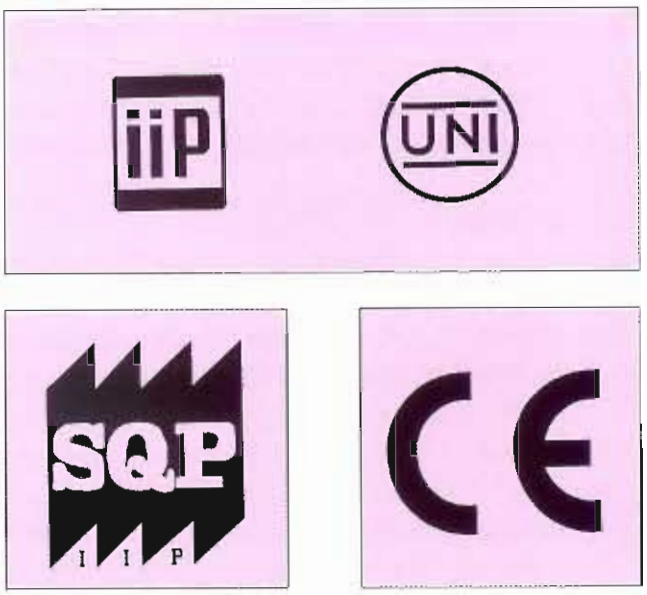


L'EOTC è l'ultimo anello della catena per far cadere ogni possibile ostacolo reale o presunto, alla libera circolazione delle merci in quanto determinerà l'equivalenza fra le certificazioni di conformità rilasciate nei vari Paesi.
Una convenzione fra Enti nazionali di certificazione del Sistema Qualità, l'Eqnet è sorta con lo scopo di giungere ad un mutuo riconoscimento fra le certificazioni dei vari Enti.

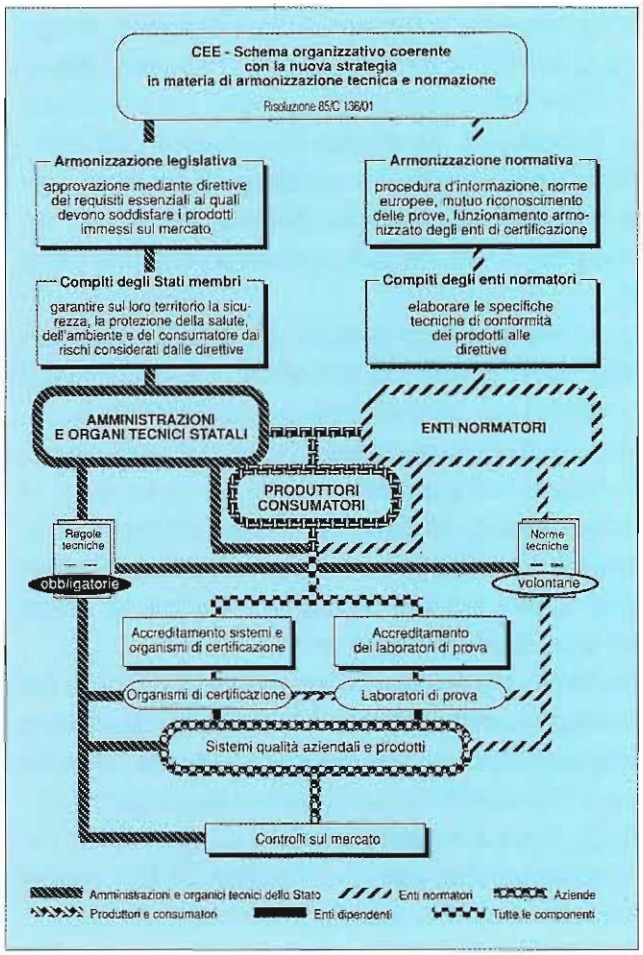
La certificazione in Italia

L'Italia sta rapidamente recuperando la distanza da altri Paesi industrializzati, che da anni utilizzano la certificazione come strumento di salvaguardia dei livelli qualitativi e prestazionali di prodotti e servizi; è facilitata in ciò dal fatto che sta creando ex novo strutture adeguate alle regole comunitarie senza avere i vincoli e le remore che nascono da situazioni pregresse non favorevoli all'innovazione. L'UNI e il CEI, enti italiani di unificazione, hanno dovuto sostenere sforzi notevoli per adeguare le proprie strutture all'espletamento del carico di lavoro, derivante dalla partecipazione alla creazione del sistema europeo di normazione e certificazione, dovendo competere con organismi nazionali di notevole dimensione esistenti in molti altri Paesi. UNI e CEI, sotto l'egida del Ministero dell'Industria, hanno sottoscritto, all'inizio del 1988, una convenzione in base alla quale procedono all'accreditamento degli organismi di certificazione in apposito Albo.

Marchio di conformità alle norme UNI



All'accreditamento dei laboratori di prova provvede il Sinal, Sistema Nazionale di Accreditamento dei Lavoratori, fondato nel corso del 1988 da UNI e CEI, sotto il patrocinio del Ministero dell'Industria, Cnr, Enea e Camere di Commercio.
Il disegno di legge Battaglia per la "Istituzione del Sistema Italiano di Certificazione" è volto a dare una struttura ufficiale al Sistema di Certificazione in Italia.
Numerosi laboratori italiani stanno adeguandosi alle norme europee; diversi hanno già ottenuto l'accreditamento Sinal.
Accanto agli Enti di certificazione già esistenti ne sono stati costituiti altri per la certificazione in settori industriali prima scoperti; anche per tali enti sono in corso gli accreditamenti Sincert.
E' da riconoscere che diverse imprese del settore, hanno compreso la necessità di prepararsi adeguatamente alla competizione creata dal libero mercato e stanno muovendosi in conseguenza; molte purtroppo, prese dai problemi quotidiani non riescono a dedicare risorse a problemi che ormai sono alle soglie: altre ancora confidano nella loro capacità di un rapido adeguamento alle nuove esigenze solo quando ne ravviseranno l'urgente necessità. Il più



delle volte le posizioni assunte dipendono da una mancata conoscenza di ciò che si sta realizzando in Europa e delle esigenze che dovranno essere soddisfatte dalle aziende che vorranno commercializzare i propri prodotti dopo il 1992.

L'Istituto Italiano dei Plastici nel sistema europeo di certificazione

L'Istituto gestisce dal 1956 su mandato UNI il marchio I.I.P.-UNI di conformità dei prodotti e manufatti in materia plastica alle norme UNI, la certificazione di conformità, alle norme EN, diventerà un passaggio obbligato man mano che le norme EN verranno tradotte in italiano e recepite come norme UNI EN (il recepimento è obbligatorio per gli Enti europei di normazione, membri del Cen).

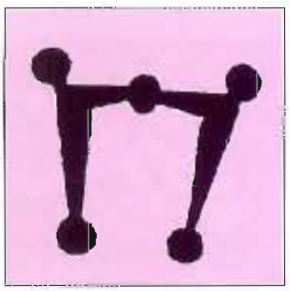
Per prepararsi a questo ruolo l'Istituto segue attivamente e in certi casi direttamente l'attività di normazione in sede Cen per i manufatti in materia plastica. Segue direttamente l'attività di agreement nel campo della certificazione, stabilendo rapporti con gli enti operanti in altre nazioni ed adeguando il suo regolamento alle tendenze più diffuse o che si vanno delineando in sede Cen, per la certificazione di prodotti. Una particolare attenzione è posta

Resistenza meccanica e stabilità
Sicurezza in caso di incendio
Igiene, salute e ambiente
Sicurezza nell'impiego
Protezione contro il rumore
Risparmio energetico e ritenzione di calore

dall'Istituto ai prodotti che devono rispondere a delle direttive europee, specie a quella delle costruzioni.

L'Istituto ha ritenuto doveroso per i propri soci entrare anche nel settore della certificazione del sistema qualità delle aziende secondo le norme UNI EN della serie 29000; ha costituito nel 1990 il Sistema di Certificazione SQP per società operanti nel settore dei manufatti polimerici comprendenti i produttori di semilavorati e prodotti finiti in materia plastica ed elastomeri, i produttori di impianti e i fornitori di servizi.

L'Istituto Italiano dei Plastici è entrato a far parte della convenzione Cisq fra enti di certificazione italiani del Sistema Qualità operanti in differenti settori industriali; il Cisq a sua volta è entrato a far parte della rete europea Eqnet fra enti nazionali di certificazione del Sistema Qualità; caratteristiche comuni di questi enti è di non avere scopi di lucro. L'Eqnet ha come scopo principale la conoscenza fra i vari enti nazionali con l'obiettivo di accordi che potranno portare al riconoscimento reciproco dei certificati.



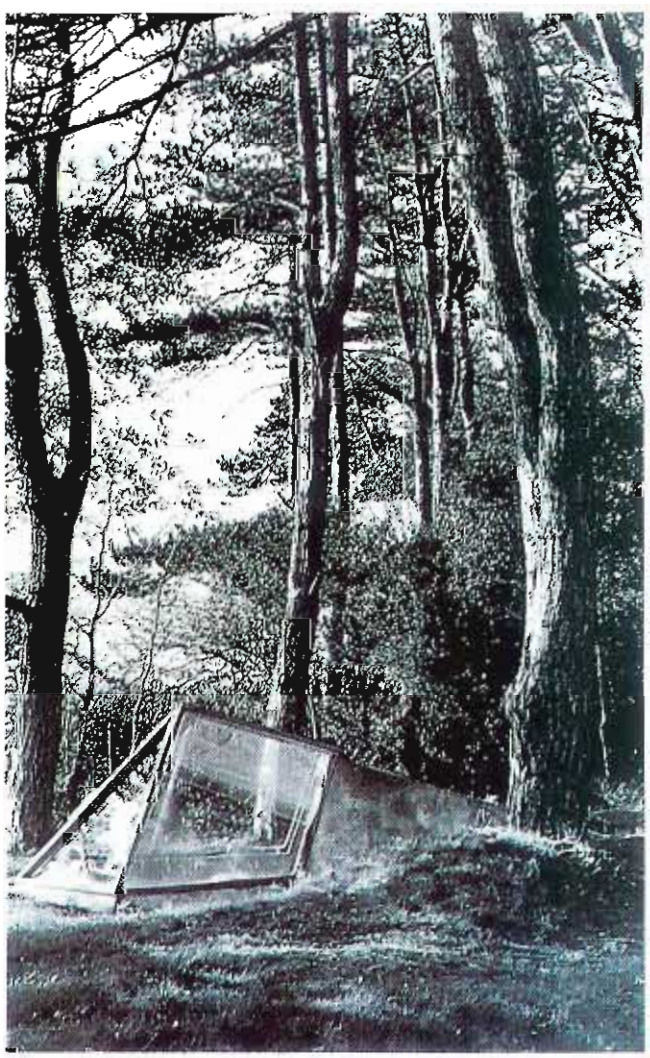
L'Istituto ha adeguato da tempo la sua struttura e le sue procedure alle norme UNI CEI EN 45011 e 45012 ed ha chiesto al Sincert l'accreditamento per ambedue i sistemi; certificazione di prodotto e certificazione di Sistema Qualità; l'iter di accreditamento è in fase avanzata.

L'Istituto Italiano dei Plastici ritiene di aver messo in atto ogni possibile iniziativa per fornire all'industria italiana dei manufatti, in plastica e gomma, la possibilità di ottenere certificazioni valide a livello europeo purché rilasciate da un Istituto noto e di fiducia.

"L'architettura della finestra nelle relazioni tra spazi interni ed esterni"

di Emilio Pizzi

Lo spunto per queste riflessioni deriva da un interrogativo che da sempre mi si pone nel corso di ogni avventura progettuale e che riguarda la differente notazione di "apertura" e di "finestra".
Entrambi i termini ci rimandano alla discontinuità del sistema murario dell'edificio; tuttavia mentre il primo termine sembra preludere ad una particolare figura architettonica in cui è presente la ricchezza di quell'insieme di relazioni che si intrecciano tra ambienti esterni ed interni alla costruzione, nel secondo termine, oltre ad una ben precisata connotazione tecnologica dell'elemento costruttivo, sembrano essere presenti aspetti costitutivi rivolti a garantire quell'ideale continuità dell'involucro murario salvaguardandone le naturali vocazioni di protezione e difesa.



Cockpit

Penso che fra le varie questioni che animano i problemi della composizione nell'architettura del nostro tempo l'ambiguità con cui si ricorre ai due termini rifletta la convergenza di diversi atteggiamenti e con essi di diverse problematiche sull'argomento, su cui in questa sede mi sembra interessante soffermarsi anche nell'intento di delineare scenari possibili non solo circa l'evoluzione dei materiali e delle tecniche costruttive ma anche sui destini dell'architettura del nostro tempo.
Perché non bisogna dimenticare come la finestra ed il suo dimensionamento costituiscano il prodotto più appariscente delle trasformazioni delle tecniche edilizie che hanno segnato i mutamenti dell'architettura di questo secolo.
Per gli architetti in genere la finestra risulta essere un elemento compositivo esterno dell'edificio che dà il ritmo ad un partito di facciata, scandisce ordinatamente il rapporto fra pieni e vuoti, diviene motivo per interrogarsi su la continuità o meno con altri partiti di facciata che la storia ci ha tramandato.
Pochi si avventurano realmente all'interno a indagare altri e non meno importanti aspetti compositivi legati alla luce ed al suo ruolo fondamentale nella definizione degli ambienti.
Diceva Luis Kahn: "*Fra gli elementi di una stanza il più meraviglioso è la finestra*".
Ha scritto più recentemente Mario Botta a proposito dell'architettura di Tadao Ando: "*Nell'architettura, la luce è la vera generatrice degli spazi.*
Senza luce non vi è spazio. La luce come la brezza di vento, è una componente sottile, leggera variabile e impalpabile che concorre, attraverso mutamenti continui alla qualificazione degli spazi.
Qualità di luce è sinonimo di qualità di spazi.
La luce così come riusciamo a coglierla nella espressione degli spazi di architettura, ci appare come componente cosmica ciclica e perenne che si rivela attraverso il minuto rilievo dato dalle ombre.
Il confronto fra l'immensità della luce con la precarietà del costruito, con le fatiche umane dell'innalzamento di muri e spazi, ci offre la scala e la misura umana dell'architettura stessa".

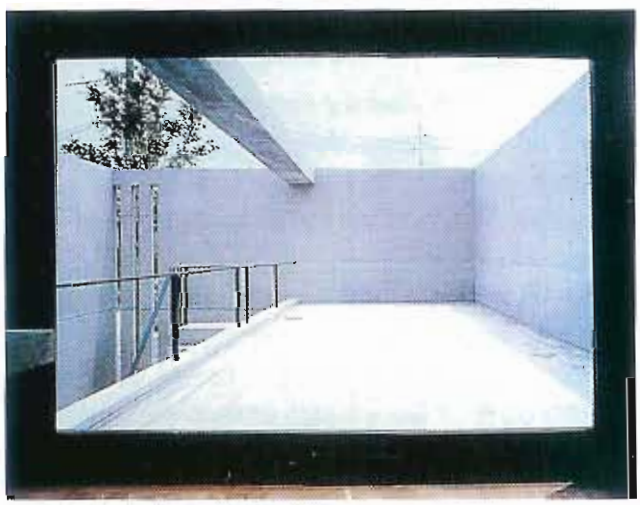
Ed ancora: "*La luce, al pari della geometria e dei materiali semplici, è uno strumento basilare per l'architetto che controlla e modella l'effetto di superficie o profondità.*
Così come le ombre portate rivelano le strutture che le generano la luce attraverso la profondità degli spazi, rinvia al ciclo solare che regola il tempo".

Casa Tugendaht

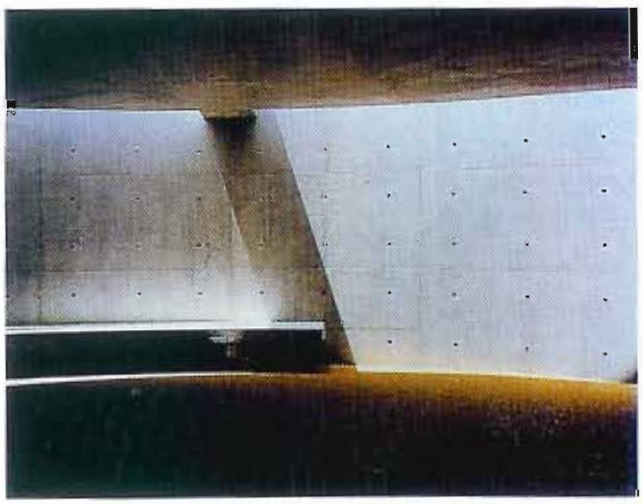
Nella maggior parte dei casi, vista dall'interno, una finestra diviene solo un adempimento a prescrizioni normative ed a null'altro, gli spazi vengono dimensionati per logica di superficie ed i due elementi cessano così di dialogare tra loro.
Assai soventemente una volta rispettati i rapporti imposti dalla normativa vengono abbandonati al caso gli elementi di esatta definizione degli apporti di luce che una finestra può dare nell'ambiente con il risultato che la collocazione risulta quasi sempre casuale in relazione alla geometria dell'ambiente cui è destinata. Si trovano finestre strette in ambienti prevalentemente larghi, e viceversa finestre larghe con voltini e schermature di ogni genere che accentuano le zone in ombra.
E sempre in questa direzione di atteggiamento progettuale si assiste al prevalere di un criterio di ripetitività dell'elemento finestrato laddove condizioni di esposizione e di af-

Casa Kidosaki

Casa Nakayama



Casa Nakayama

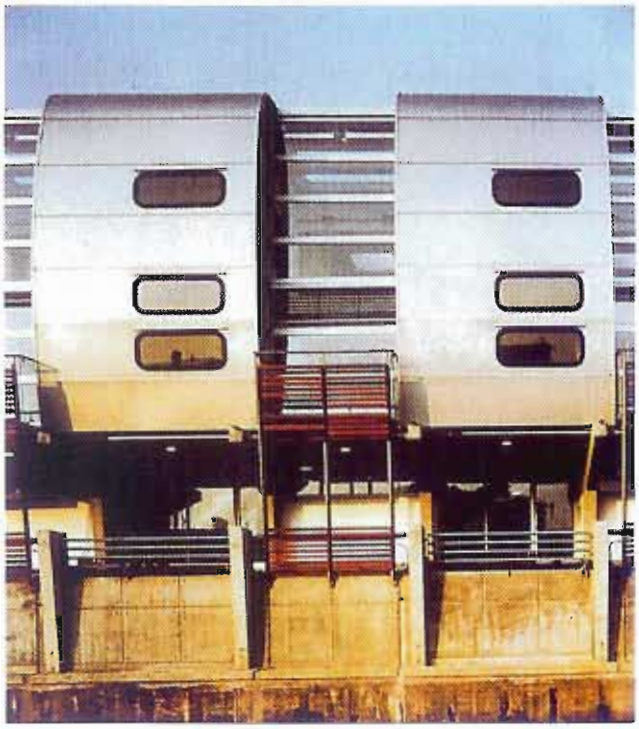


Casa Koshino

faccio motiverebbero una ben diversa specificità nei caratteri di impiego della luce.
Prevale e bisogna riconoscerlo una visione eccessivamente urbana della finestra in cui il proporzionamento tramandato dal passato nelle cortine edilizie ha progressivamente perso molti dei valori originari legati al rapporto che ogni apertura consente di instaurare in modo nuovo e diverso con il contesto circostante. Ogni finestra è un frammento di quel paesaggio che si lega alla forma dell'apertura alla sua collocazione come ci insegnano le costruzioni rurali più semplici dove piccole aperture sono capaci di catturare insieme a spiragli di luce preziosa, gli elementi più positivi del paesaggio.
In questi edifici semplici troviamo una attenzione continua

Vetrata Gullichsen

Camden Town

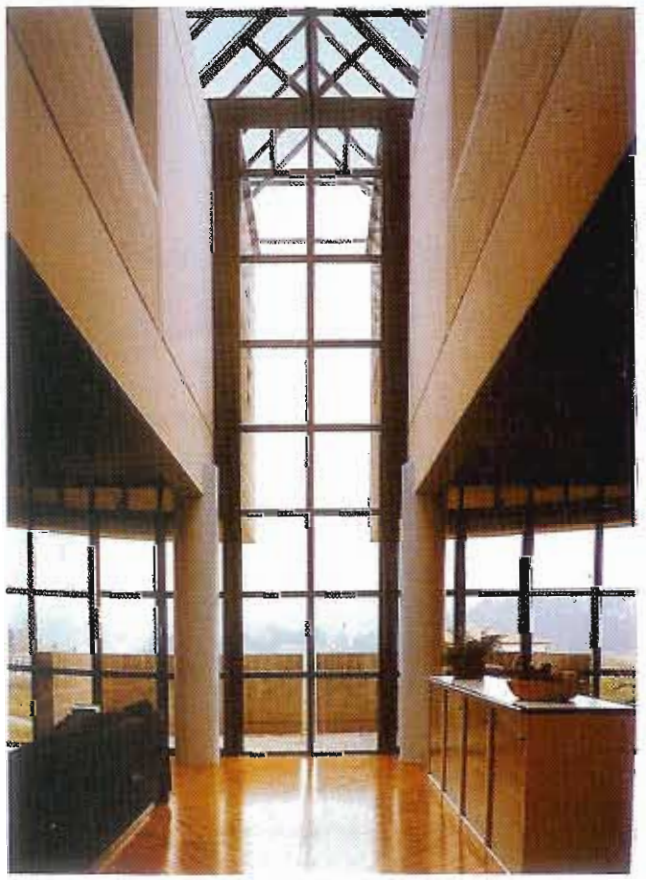


Casa Corotta

ai fattori di esposizione con differenti dimensionamenti delle finestre fra fronte nord e fronte sud, ora con diversi arretramenti del filo finestrato a protezione delle zone più esposte alla pioggia ora collocate nel recesso di spazi porticati per proteggere l'infisso dall'eccessivo soleggiamento in una piena consapevolezza e capacità di manipolare la luce e piegarla ai bisogni di quella specifica cultura dell'abitare.
Al contrario si può affermare come la tendenza sempre più diffusa ad una riduzione delle superfici finestrate corrisponda ormai ad un fatale atteggiamento negativo circa la possibilità di una relazione fra l'ambiente interno ed il suo immediato intorno.
Sembra essere ormai perduta per sempre ogni possibilità di riscatto di gran parte dell'architettura che popola il paesaggio delle periferie urbane. E la finestra diviene nella maggior parte dei casi semplice attributo che si preferisce chiudere, schermare, in modo da limitare la visione su di un paesaggio definitivamente compromesso.
Vi è un conflitto perenne nella definizione tra pieni e vuo-

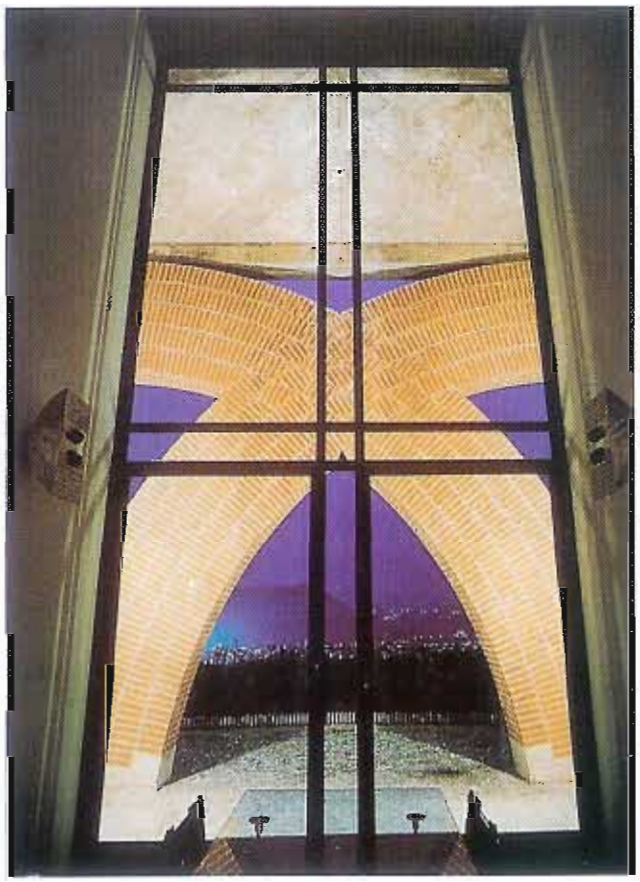
ti in un partito di facciata: la materia che costituisce la muratura con difficoltà si piega ad un suo naturale e fatale impoverimento nel momento in cui si scavano gli squarci di finestre ed aperture.
Tecnologie e materiali diversi si incontrano anzi si scontrano in una battaglia priva di regole dagli esiti sempre incerti.
A tuttoggi, occorre ricordarlo non esistono regole per così dire universalmente riconosciute che consentono di risolvere questa unione che appare ogni volta sempre diversa ed imprevedibile.
Esiste ed è innegabile una realtà che vede da un lato il progredire delle tecnologie del serramento e dall'altro un progressivo impoverimento delle tecniche costruttive dell'involucro che rendono sempre meno compatibili le due diverse categorie di manufatti.
Il muro si fà fragile, i materiali impiegati ne rendono precaria la funzionalità e l'adattabilità a realizzare cornici, architravi, davanzali, che divengono i fatali punti critici di innesco di un degrado accelerato.
Se ci si riconduce alle considerazioni iniziali sulle diverse accezioni del termine apertura e finestra occorre interrogarsi anche sulla presenza di due distinti atteggiamenti progettuali che segnano sotto il profilo tecnologico anche due possibili strade di evoluzione delle tecniche attuali.
Da un lato la progressiva evoluzione di tecnologie sofisticate di involucro che portano alla individuazione di sistemi continui di cui la finestra è parte integrante evolvendo dal curtain Wall a nuove e più complesse articolazioni della strutturazione delle facciate in cui l'elemento vetrato trasparente assume pari dignità rispetto agli elementi ciechi componenti il sistema di facciata e l'integrazione con i risvolti impiantistici del sistema si fa più attenta e stretta.
Dall'altro un necessario ritorno all'uso di aperture quali elementi filtro e di intermediazione per una collocazione dell'elemento finestrato in condizioni più protette in cui esplicare non più il ruolo minimalista attuale ma divenire stabilmente una parte omogenea nella definizione degli spazi interni.
Non più esposte in prima battuta alle sollecitazioni esterne ma finalmente capaci di rispondere maggiormente agli stimoli ed alle sollecitazioni che l'ambiente interno richiede.
Personalmente ritengo la prima delle due tendenze un ambito di ricerca progettuale avviato di grande divenire suscettibile di rimettere in discussione tutto l'edificio e con esso anche la natura dei rapporti con il contesto e con la cultura che esso rappresenta sino tuttavia a negare come sovente avviene la possibilità di ogni minimo dialogo.
Per questo motivo mi sento ancora legato ai problemi in-

Mario Botta



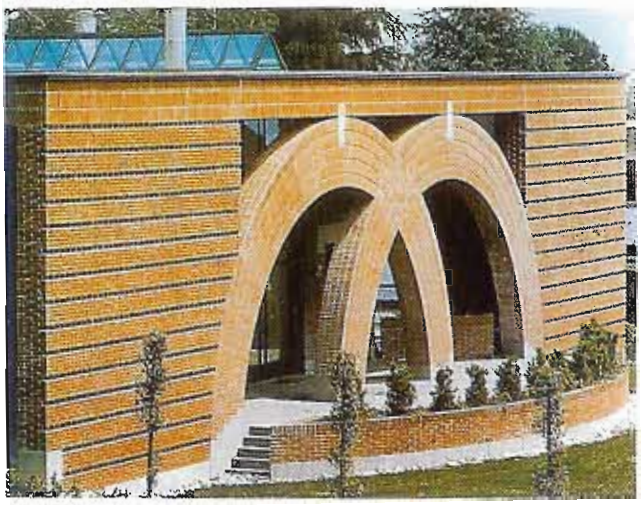
Mario Botta

Mario Botta



Mario Botta

vestiti dalla seconda delle due tendenze in quanto è quella che ancora mi consente di costruire maggiormente l'insieme di relazioni stabili che ogni opera architettonica deve necessariamente avere con il sito su cui sorge.
E per fare questo occorre riflettere sulle limitazioni che si frappongono all'operare in questa direzione.
Una prima serie di considerazioni riguarda la tecnologia stessa di fabbricazione della superficie finestrata ed il suo rapporto con la normativa. Normativa che giustamente è posta al centro di un discorso di qualità e che da più parti viene chiamata in causa quale elemento di svolta decisiva nei rapporti fra produttore ed utilizzatore.
In parte mi sento anch'io un po' responsabile di questo giusto convincimento avendo per anni partecipato alla messa a punto proprio di quelle norme, come la 7979 che definiscono prestazioni e campo di applicabilità dei diversi manufatti. E tuttavia proprio quell'esperienza mi ha portato a riflettere sulla possibilità che vi sia al fondo un eccesso di richieste prestazionali per un manufatto non necessariamente destinato a quel campo di applicazione estremo. Sospingendo la finestra fin sui limiti del sistema murario e pretendendo da essa un quadro di prestazioni di tenuta addirittura superiore a quello dello stesso sistema murario si è stati in parte costretti ad abbandonare ogni ricerca in direzione di una possibile dilatazione e complicazione delle superfici finestrate in accordo con quelle esigenze ambientali che ricordavo all'inizio.
Senza nulla togliere ad un benefica sinergia che ha portato ad una maggiore conoscenza dei problemi di dimensionamento dei profili e del loro assemblaggio in relazione alle problematiche di tenuta mi sembra sia venuto il momento per un riconsiderazione dei livelli prestazionali in relazione alle differenti condizioni di impiego dei manufatti. Una cosa è affidare ad una finestra compiti propri del sistema murario una cosa è affidare al sistema murario il compito primo di difesa agli agenti atmosferici di protezione e schermatura all'irraggiamento solare diretto, e lasciare alla finestra il ruolo di semplice elemento di intermediazione tra spazi interni e altri spazi dell'abitazione a loro volta protetti.
In questa direzione oltre alle caratteristiche dimensionali che possono portare a far coincidere le superfici finestrate con intere superfici di parete debbono venire riconsiderati anche i caratteri geometrici dell'architettura dell'elemento finestrato nei rapporti fra le parti fisse ed apribili a comporre un disegno certamente diverso ed innovativo.
Una seconda serie di considerazioni negative riguarda la presenza di normative di ordine igienico ambientale che addirittura annullano la possibilità di ogni prospettiva di ar-



Mario Botta

Mario Botta

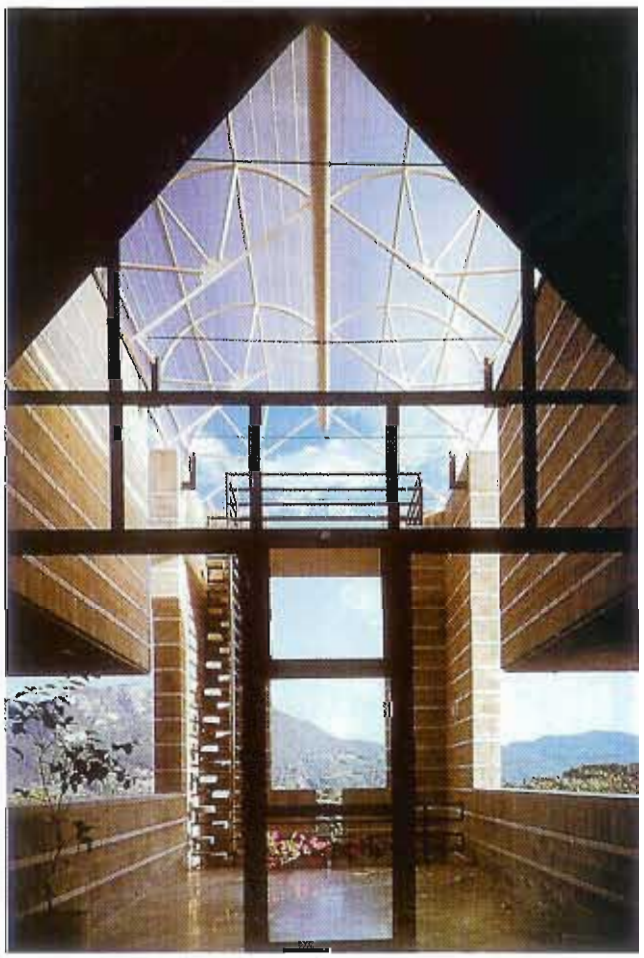
retramento delle superfici finestrate con penalizzazioni eccessive di ogni possibilità illuminante (così come definita dalla legge) della finestra.
Una norma che appare ispirata dalla più completa miopia nei confronti della vastità delle soluzioni che l'architettura è in grado di proporre e tuttavia fortemente vincolante e limitativa.
E' una strada complessa che ci porta a riconsiderare molte delle consuetudini costruttive correnti ma che ci deve spingere verso una nuova solidità del costruito in cui la finestra può effettivamente divenire non una parte di risalto ma l'elemento con cui strutturare e dare un senso agli spazi stessi.
"*Anche se*, come ricorda Tita Carloni a proposito della costruzione in Mario Botta, *in fin dei conti, i muri massicci non li possa fare ormai più nessuno. Ormai ci dobbiamo accontentare del muro a doppio mantello con l'isolamento dentro anima fragile e peritura del muro. Ma grazie all'operazione della dissociazione della finestra che si sposta all'interno delle grandi cavità scompare anche la mazzetta traditrice, rivelatrice dello scarso 12 cm. di rivestimento, per lasciar posto al più sostanzioso risvolto del muro a far angolo, squarcio, pilastro come negli antichi monumenti;*
Artificio? Se si vuole. Ma artificio intelligente, che trova le sue ragioni nella concezione originaria dello spazio della casa e non nella furbizia dell'ultimo momento del mestierante smaliziato". Alcune immagini ci potranno aiutare a riflettere meglio su queste prospettive.
La prima riguarda un progetto del Team 4 di cui ricordo facevano parte tra gli altri Norman Foster e Richard Rogers ed è del 1963. Si tratta di una rifugio a Pill Creek (Cornovaglia) forse più conosciuto come Cockpit (carlinga).
Talvolta la finestra è tutta la casa. Non ci può essere casa, ossia l'elemento artificiale per eccellenza senza che ci sia la finestra. Finestra che ci riporta prepotentemente ad una condizione di natura, che consente all'uomo di ricordare come egli appartenga alla natura. La seconda è un progetto di Mies Van Der Rohe molto conosciuto, la casa Tugendhat costruita a Brno in Cecoslovacchia nel 1930 e ci ricorda come tutta la storia dell'architettura di questo secolo abbia segnato la possibilità tecnologica di dar corpo ad un bisogno di sempre dell'uomo di aprire la propria dimora compenetrandone l'ambiente esterno.

Mario Botta

"*Una parete di vetro continua separa e unisce allo stesso tempo il soggiorno al giardino esterno. Questa casa*, dirà Ludwig Hilberseimer nella sua monografia su Mies, *testimonia che una casa moderna non può solo soddisfare ogni esigenza di comodità ed eleganza ma può essere anche un'opera d'arte. ...L'architettura si colloca nello spazio e al tempo stesso lo racchiude in sé. Da ciò nasce un duplice problema il controllo dello spazio esterno e dello spazio interno.*

Questi possono essere in relazione tra loro. Lo spazio esterno può interagire con quello interno e viceversa, oppure possono entrambi fluire in uno spazio unico. Questa casa è la testimonianza della sua idea di spazio: un fluire insieme di spazio interno ed esterno.

L'immagine successiva è della casa Kidosaki, a Tokio di Tadao Ando cui seguono due particolari della casa Nakayama a Nara. Non è difficile leggervi il senso della necessità di una misura, il bisogno di ricostruire un ordine semplice nel paesaggio immediatamente fuori dell'abitazione, in cui la casa possa rispecchiarsi. Una visione che è viva più che mai oggi e si arricchisce di sobrietà e semplicità negli elementi minimali del progetto dove l'elemento



Mario Botta

Mario Botta

finestrato è solo la grande cornice di questo legame indissolubile con la luce, fra l'architettura e la condizione dell'uomo. L'ultima di questa serie di immagini di Tadao Ando è del soggiorno della casa Koshino a Hyogo del 1981. L'immagine sembra ricordarci come la luce possa anche rompere l'apparente solidità delle membrature della costruzione incidendole come una lama disegnando nuovi confini allo spazio domestico.

La grande vetrata che si eleva su più livelli dell'immagine successiva è dell'abitazione per due famiglie nei pressi di Helsinky di Kristian Gullichsen. "*Fare architettura*, egli afferma, *è modulare la luce, è dare una possibilità alla luce*". Anche quando la costruzione si fa oggetto tecnologico come in queste abitazioni a Camden Town Londra di Grimshaw and Partners si avverte il bisogno di una diversificazione delle diverse parti finestrate e dei rapporti tra queste e la continuità delle superfici opache dell'involucro nel quale tendono sempre più ad iscriversi.

Nel progetto che vediamo nell'immagine successiva di Richard Meier della casa Grotta a Harding nel New Jersey il rapporto fra profili e superfici vetrate muta ormai in relazione ad una tecnologia del vetro sempre più avanzata, rendendo nel contempo sempre più avvertibile la presenza dell'elemento vetrato stesso nella costruzione.

In questi edifici di Mario Botta (in successione a Stabio, a Vacallo, a Losone, a Breganzona, Ticino) esiste una naturale ritrosia a mostrare i profili delle aperture finestrate quasi fossero le cose più preziose di un'abitazione.

Quelle da cui dipende tutta l'organizzazione della vita.

L'architettura stessa prende parte a questo nuovo paesaggio domestico.

Lo incornicia lo guida a riconciliarsi con un ambiente esterno dimenticato, ma così importante per la nostra esistenza.

Intervenire nel centro storico: i serramenti

di Fabrizio Bianchetti

L'ambiente storico delle nostre città ha assunto, nella vita di tutti i giorni oltre che nella cultura architettonica, sempre maggior importanza.
Questo progressivo interesse ha avuto come più immediata conseguenza una maggiore attenzione verso tutti quegli elementi che caratterizzano l'ambiente costruito: dall'attenzione dedicata agli edifici monumentali ed agli aspetti più aulici dell'edilizia storica si è via via passati a comprendere e valorizzare tutti quei particolari che compongono l'identità dell'edificio. Dalla salvaguardia delle volumetrie generali dell'architettura si è via via passati alla comprensione e alla valorizzazione delle coperture, di ferri battuti, delle coloriture dei prospetti, dei rapporti tra il vuoto e il pieno e quindi delle finestre.
In questo senso anche la finestra è andata progressiva-

Casa degli Gnomi, Orta S. Giulio sec XIV
esempio di restauro con materiali tradizionali.

Casa Gemelli Orta S. Giulio sec XVII
Le finestre comunicano all'esterno l'importanza di ciascun piano ed i contorni definiscono lo stile architettonico, mentre gli oggetti proteggono l'infisso.

mente assumendo maggior importanza nel complesso sistema dell'edificio. Pertanto nel caso delle opere di recupero dell'edilizia storica particolare attenzione andrà posta nella scelta di questo elemento sia dal punto di vista tecnico che formale.

I Trompe - l'oeil, oltre ad essere eccellenti forme artistiche usate per "correggere" i prospetti ci consentono di studiare con certezza la costruzione, la forma e il colore originari dei serramenti.

Ecco di seguito una breve selezione di finestre dipinte:

Broletto di Orta S. Giulio sec XVII

Paradossalmente una delle conseguenze più evidenti di molti "recuperi" nei centri storici è la devastazione e la progressiva banalizzazione dell'immagine originaria dei molti elementi caratterizzanti tra cui in particolare le finiture esterne ed i serramenti.

Negli interventi sull'edilizia storica, prima di intraprendere una qualsiasi azione, non sarà possibile progettare senza capire e considerare le regole architettoniche dell'edificio, la sua relazione con le tecniche originarie e la definizione dello spazio che lo circonda.

Le facciate storiche sono generalmente scandite dal ritmo delle finestre, che ne formano il modulo base, e sovente comunicano all'esterno il significato e l'importanza di ciascun piano.

La tessitura di facciata può essere arricchita da una serie di elementi nella finestra, o attorno ad essa, che noi interpretiamo come stili o decorazioni. Il repertorio di questi elementi è vario (la cornice, il timpano, il pannello ecc.). Questi elementi oltre a decorare la facciata hanno funzione di protezione della finestra (pioggia, vento) o di regolarne il flusso luminoso.

Sono inoltre parametri, da considerare nel progetto di recupero, della finestra le sue dimensioni, l'allineamento in

Miasino sec XVIII si nota bene la costruzione dell'infisso le sue parti apribili e le dimensioni della vetratura.

Miasino: signore che legge il gazzettino di Lugano datato 1770 dettagli di un infisso storico.

prospetto, la sua geometria, il suo eventuale oggetto il materiale ecc. Lo studio e la comprensione di tutti questi elementi è indispensabile nella valutazione della complessità della facciata e quindi per gli interventi di recupero in armonia con essa..

Osservando molti edifici presenti nel centro storico è possibile riconoscere un'immagine attendibile dei modelli di finestra più diffusi (ovviamente esistono variazioni in rapporto alle diverse aree geografiche).

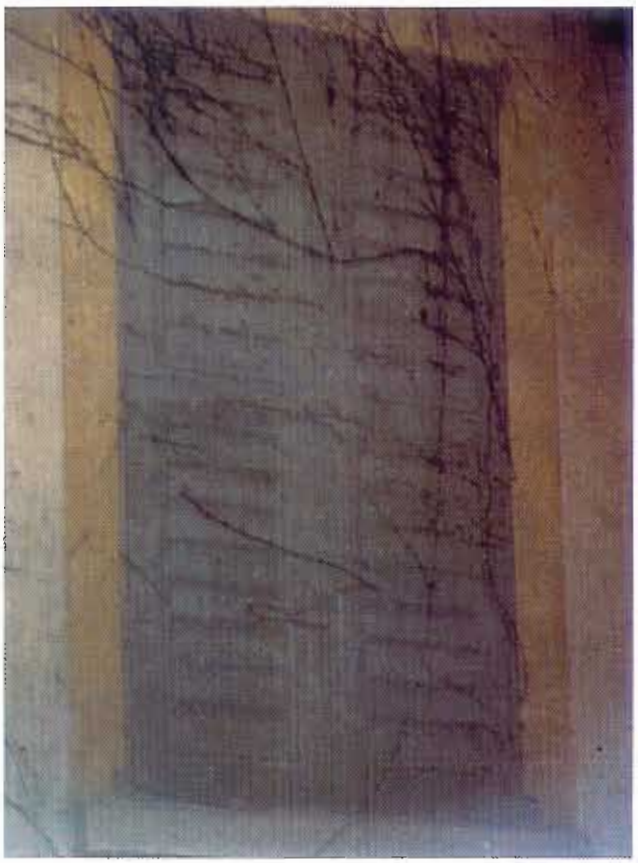
L'infisso tradizionale è in legno formato da due ante ripartite ciascuna in due o più specchiature (l'antica tecnica di lavorazione del vetro non consentiva la costruzione di grandi lastre) con vetri ad infilare o fissati con stucco: ne risulta pertanto una costruzione leggera, con sezioni dei montanti e traversi ridotte al minimo.

Sovente al piano terra le finestre non sono protette da imposte ma solo da grate metalliche mentre ai piani superiori sono presenti imposte, antoni o gelosie secondo le varie tradizioni locali.

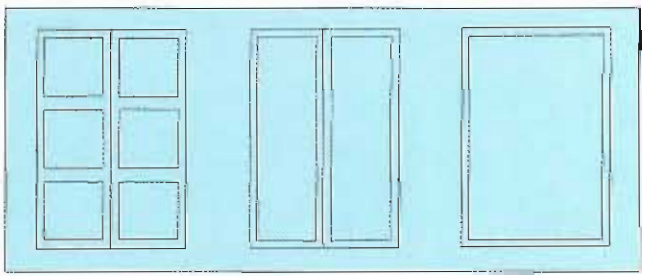
Dal punto di vista della finitura superficiale al piano terra

Orta S. Giulio sec XVII: immagini storicamente attendibili per la ricostruzione tipologica dell'infisso.

Orta S. Giulio: confronto in parete tra i modelli di finestre dipinte e quelle realizzate al vero. Si noti, oltre alla perfetta somiglianza, anche la colorazione a biacca delle persiane.



Primo piano di una persiana dipinta.



Dalla "Guida agli interventi edilizi nei centri rurali" della Regione Friuli Venezia Giulia. A destra il serramento tradizionale, con la presenza di elementi orizzontali e verticali che conferisce equilibrio all'insieme; al centro un nuovo serramento con l'eliminazione degli elementi orizzontali che produce uno sbilanciamento dell'insieme a favore della verticalità; in ultimo un nuovo serramento ad anta unica che anche se a scapito di certi valori di dettaglio ristabilisce un certo equilibrio tra orizzontalità e verticalità.

generalmente sono impiegati serramenti con legno pregiato e duro (castagno, quercia, noce) spesso, come nel caso dei portoni, con essenza in vista (protetto con olio e cere) mentre ai piani superiori normalmente gli infissi impiegavano essenze non pregiate e dipinte con tinte coprenti a base di olio, biacca e pigmenti coloranti. Questo trattamento opaco, per l'impiego della biacca, subìva sotto l'azione del tempo (ossidazione degli oli) un aspetto patinato ed a volte sbiadiva quando i pigmenti erano poco stabili all'irraggiamento solare (come ad esempio gli azzurri o alcuni toni degli ocra).

La caratteristica della verniciatura degli infissi e dei sistemi oscuranti è estremamente diffusa e l'impiego di alcuni colori è divenuto in particolari aree geografiche un elemento distintivo dell'ambiente.

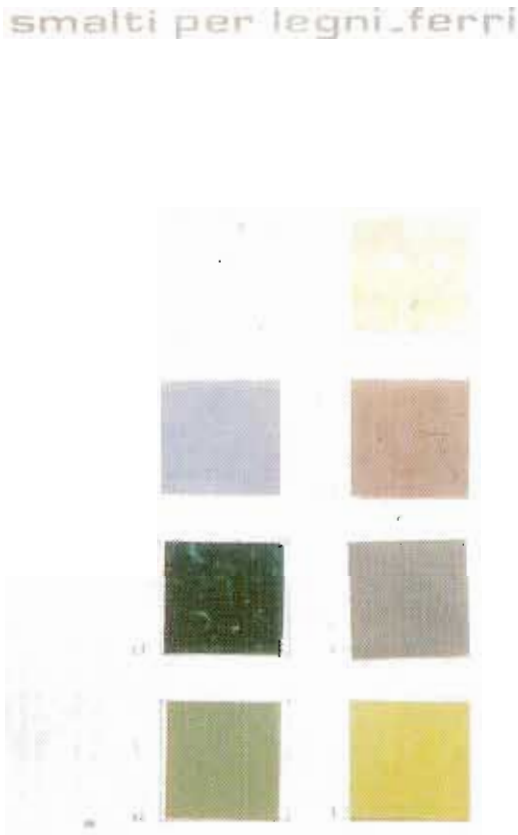
Compresi a grandi linee, i caratteri dell'edilizia storica è bene distinguere almeno tre possibili livelli d'intervento:

- il rinnovo o ristrutturazione (molto simile ad un nuovo intervento con sistemi tradizionali);
- il recupero in aree d'interesse ambientale;
- il restauro monumentale.

Ognuna di queste aree d'intervento meriterebbe un'analisi più dettagliata tuttavia se per i casi di Restauro Monumentale si presteranno le giuste cautele di un così specifico intervento porteremo la nostra attenzione sui ca-

Villa Tarsis Brolo sec XVII
finestre dipinte si confrontano con modelli al vero confermando l'attendibilità dei trompe l'oeil.

Cireggio - Finestre dipinte indicano i modelli originari, gli interventi di sostituzione, pur riferendosi al modello, non prestano sufficiente attenzione nella scelta del colore e delle finiture.



Piano Colore di Omegna (Arch. Fabrizio Bianchetti 1985) cartella dei colori selezionati, mediante rilievi diretti e ricerche storiche, per finestre e sistemi oscuranti degli edifici nel centro storico.

si, più frequenti, del recupero del patrimonio edilizio esistente ed al suo adeguamento ai nuovi standard ed alle esigenze abitative contemporanee.
Standard che puntano innanzitutto alla salubrità degli ambienti, fissando gli indici per un'adeguata illuminazione aerazione superfici abitative minime ecc. ma anche a norme per il risparmio energetico, finalizzate all'eliminazione dei principali fattori di dispersione del calore attraverso le murature, le finestre, i tetti ecc.
In questo campo si intrecciano ragioni economiche ed esigenze di nuovi comfort abitativi. Si tratta però anche di volumi, parti significative del nostro ambiente costruito in particolare per i centri storici.
Quindi da un lato la necessità (privata) di adeguare funzionalmente gli spazi dell'altro l'esigenza sociale di ri-

Intervento di sostituzione degli infissi operato trascurando le più elementari regole del corretto inserimento ambientale

Intervento eseguito pur con materiali tradizionali ma non corretto per i colori impiegati e per le sezioni dell'infisso adottate

Non basta il materiale per realizzare un corretto intervento: bisogna curare la sua forma, il colore e la composizione dei vuoti in prospetto.

Interventi in Pvc

Qualsiasi materiale può intervenire nel centro storico purché lo faccia mediante lo studio e la comprensione dell'ambiente in cui si inserisce. Ecco ricostruiti in PVC i modelli tradizionali della persiana, le sue sagome, le aperture, il colore.

Un moderno infisso per adattarsi all'edificio storico. L'anta ad unica specchiatura consente di valorizzare il rapporto vuoto-pieno.

spettare e salvaguardare forme e strutture storicamente significanti. La discriminante tra il lecito e l'illecito in questo campo è molto sottile e complessa e coinvolge una vasta quantità di fattori: dalla modalità d'impiego dei materiali, alle finiture, dal contesto ambientale, alla patina della sua superficie e il suo invecchiamento ecc.

Anche l'infisso in Pvc può ricostruire tipici della finestra.
I materiali riproducono le tipologie e i colori rilevati prima della sostituzione.

I nuovi materiali, oltre a consentire efficienti prestazioni, propongono una "continuità" con l'edilizia storica.

Considerando il problema in generale dobbiamo dire che sono rarissimi gli interventi di rinnovo che non introducano degli elementi di diversità nel contesto sul quale operano. Lo scopo primo della sostituzione del serramento e quello di ottenere un nuovo "meccanismo" efficiente, e quindi qualsiasi sia il materiale utilizzato piccole varianti sono

palazzo.... I nuovi comfort offerti dagli infissi in pvc si inseriscono armoniosamente con i prospetti storici dell'edificio.

inevitabili (nuove sezione, spazi battute guarnizioni, doppi vetri se non addirittura errori nelle sagomature o nei colori ed essenze impiegati).

La città così come è pervenuta a noi è frutto di continue sostituzioni, un sedimentarsi di segni che le generazioni precedenti ci hanno lasciato, pertanto anche il nostro "passaggio" lascierà delle tracce è importante che i nostri interventi abbiano l'intelligenza dei precedenti.

Non credo che importi che il nuovo serramento sia del tutto simile al precedente l'importante che ci sia (e funzioni) che tenga conto dell'edificio in cui è impiegato: perché questo è il punto importante: l'integrazione e la comprensione del contesto e delle forme acquisite indipendentemente dal materiale con cui è realizzato. Cosa vuol dire questo? Che il serramento deve rispondere a requisiti funzionali, ed ogni materiale cercherà di farlo nei modi propri, ma dovrà essere progettato, non solo tecnicamente, ma anche per risolvere i problemi d'inserimento ambientale.

I professionisti che ristruttureranno in centro storico non dovranno adagiarsi a soluzioni "a catalogo" già pronte, ma indagare le relazioni tra infisso ed edificio e le aziende, da parte loro, dovranno produrre tipologie e finiture sufficientemente differenziato tali da consentire al progettista una ampia scelta in relazione al contesto.

A questo punto quali sono i principali aspetti da ricordare per valutare l'opportunità dell'inserimento di un nuovo infisso in un contesto preesistente.

Pvc, prodotto ecologico

Conferenza di Gianni Benetta

Nel clima di generale sospetto che oggi circonda le materie plastiche, cui vengono imputati, da parte dei gruppi ambientalistici, ogni sorta di misfatti, una posizione a sé assume il Pvc, contro cui assistiamo ad una vera e propria campagna denigratoria a livello europeo.
Come sostenevo recentemente in un articolo, il Pvc paga probabilmente lo scotto della sua discendenza da due progenitori "pericolosi", il cloro ed il cloruro di vinile monomero. Tutti sembrano ignorare che, proprio nel Pvc, ambedue queste sostanze si presentano in forma inerte e stabile. In questa mia chiacchierata, mi propongo di illustrare tutte le principali accuse che accompagnano il Pvc in tutto il suo ciclo di vita, produzione - applicazione - smaltimento e di dimostrare come la maggior parte delle stesse, pur originandosi da fatti di base reali, sono infondate o, quanto meno, esagerate.
Naturalmente, data la brevità del tempo concessomi, mi limiterò ad accennare a quelle legate alla produzione del Pvc e mi soffermerò, invece, a quelle legate alla applicazione e smaltimento, ritenendo questi aspetti più interessanti per questo uditorio. Il ciclo produttivo del Pvc è ben noto. Si parte dal cloruro sodico (il comune sale da cucina) per produrre il cloro, che è presente nella molecola del Pvc per ben il 57% e dal petrolio per produrre l'etilene che rappresenta il restante 43%.
Dall'etilene più cloro si ottiene il dicloroetano che, crackizzato, dà origine al cloruro di vinile monomero dalla cui polimerizzazione si ottiene il Pvc (Fig. 1, 2).

Il cloro

Nella produzione del cloro uno dei possibili problemi ambientali è l'inquinamento da mercurio, che è utilizzato an-

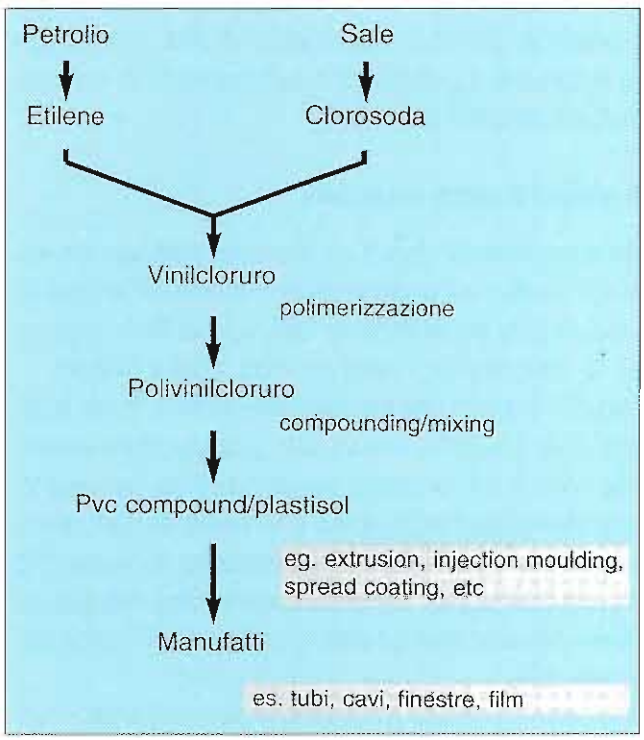
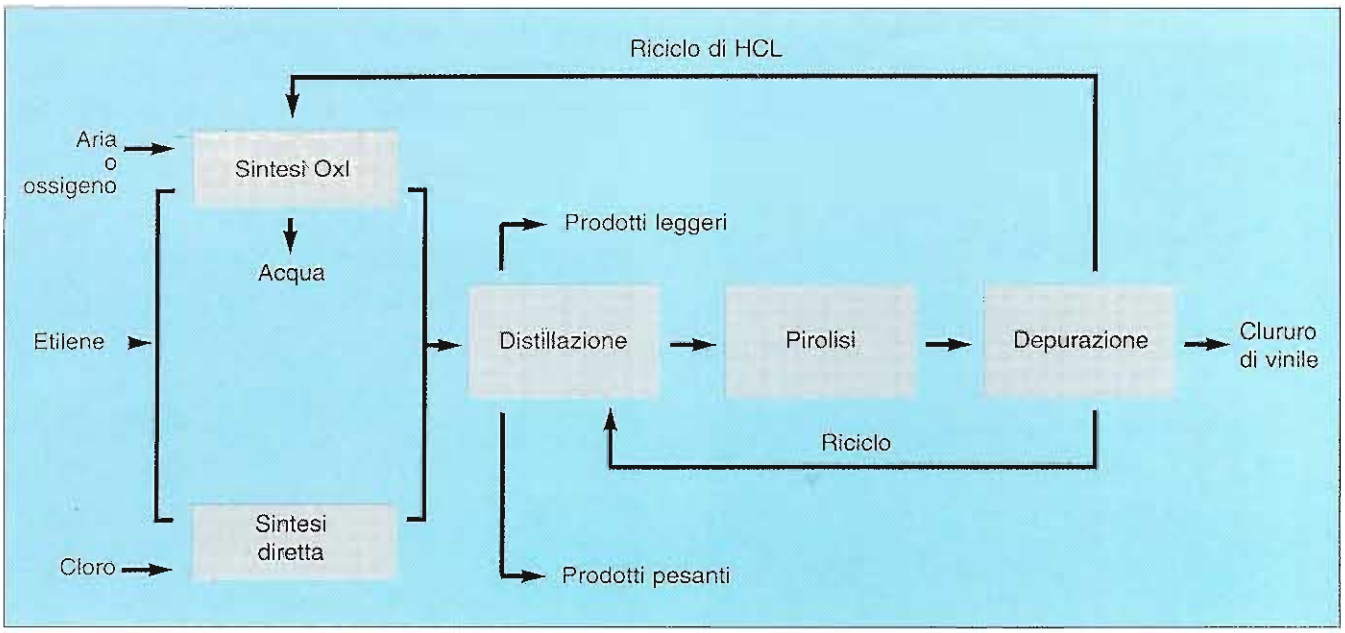


Fig. 1 - Dalla materia prima ai manufatti

Fig. 2 - Produzione del Cloruro di vinile



cora in molte delle celle per l'elettrolisi del sale.
Il problema si presentava un tempo di una certa rilevanza. Oggi, a seguito delle migliorate tecnologie e degli strettissimi limiti di legge imposti per le emissioni di Hg, nonché della introduzione di nuovi tipi di celle che non utilizzano più il mercurio (celle a membrane) esso è del tutto irrilevante (Fig. 3).
Va ricordato che solo il 33-34% del cloro viene utilizzato per la produzione di Pvc, essendo tutto il resto utilizzato come elemento essenziale da molte industrie (chimica, cartaria, farmaceutica, trattamento acque, ecc.). Inoltre, il coprodotto del cloro è la soda caustica, un'altra sostanza usata largamente e praticamente indispensabile in molti importanti comparti industriali.

Il cloruro di vinile monomero

Se la tossicità del cloro e del mercurio sono sempre stati noti, quella del cloruro di vinile monomero è emersa invece, in tutta la sua drammaticità, solo all'inizio degli anni 70, a seguito degli studi dei Proff. Viola e Maltoni.
Questi rilevarono che tale prodotto chimico, la cui tossicità acuta era così bassa da farlo proporre come anestetico in luogo del più tossico cloroformio, provocava, in soggetti esposti per lunghi periodi e ad elevate concentrazioni, una rara forma di tumore, l'angiosarcoma del fegato. Nel mondo si sono avuti complessivamente circa 150 casi che hanno prevalentemente colpito gli addetti alle pulizie delle autoclavi.
A seguito di tali studi gli impianti di polimerizzazione hanno subito radicali trasformazioni cosicché il contenuto di Vcm sia nell'ambiente di lavoro che nel polimero sono stati ridotti a livelli tali da far considerare il problema praticamente non più esistente.
Nessun nuovo caso di angiosarcoma è stato notificato nel mondo per lavoratori che hanno iniziato a lavorare nel settore dopo il 1974.

Fig. 3 - Emissioni di mercurio

	Typical Figures For Production Plants	Targets Put by EEC	Current National Laws (It., UK, Germany)
Chlorine	0.001 mg/kg (0.001 ppm)		
H_2	0.002 mg/m² (0.02 ppm)		
NaOH	0.1 mg/kg (0.1 ppm)		
Waste waters	0.001 mg/1 (0.001ppm = 1 µg/1) (in coastal waters) -0.3 mg/kg (in fish flex)	-0.5 µg/1 (in estuary waters) -0,3 µg/1	0.005 ppm (5 µg/1)
Air	≤0.001 mg/m² 1 µg/m3)	≤0.05 mg/m²	≤0.05 mg/m² (TLV)

Il cadmio

Un'altra problematica che si è aperta recentemente è quella dell'uso del cadmio, un tempo largamente utilizzato negli stabilizzanti e coloranti per Pvc, in tutta una serie di applicazioni.
Emersa la elevata tossicità e la sospetta cancerogenicità di tale elemento chimico, l'industria del PVC ha drasticamente ridotto i consumi, limitandoli solo ad alcuni prodotti a lunga vita per i quali problemi di contaminazione del terreno in seguito alla messa a discarica sono praticamente inesistenti (Fig. 4).
L'industria sta inoltre mettendo a punto, anche in tali applicazioni, nuove forme di stabilizzazioni esenti da cadmio.

Il Pvc nell'edilizia

Per le sue uniche proprietà come facilità di lavorazione, leggerezza, stabilità dimensionale, resistenza al fuoco, nessuna necessità di manutenzione, buon coefficiente di isolamento, ecc., il Pvc ha tutti i numeri per essere considerato un materiale di elezione nell'edilizia.
A tutte le doti suddette si aggiunge, quando venga utilizzato nei profili finestra, la bassa richiesta energetica rispetto ad altri materiali concorrenti e la non distruzione delle foreste (Fig. 5-6-8).
Malgrado tutte queste caratteristiche positive, il Pvc è messo sotto accusa dai suoi denigratori per la presunta alta pericolosità negli incendi, dovuta allo sviluppo di acido cloridrico (HCl), che sarebbe il maggior responsabile delle

Fig. 4 - Uso di Cadmio nelle applicazioni

	% 1980	% 1987
Batterie	14	36
Stabilizzatori	28	21
Pigmenti	31	18
Rivestimenti	15	16
Altri	12	9
	100%	100%
Total	1747 tons	1257 tons

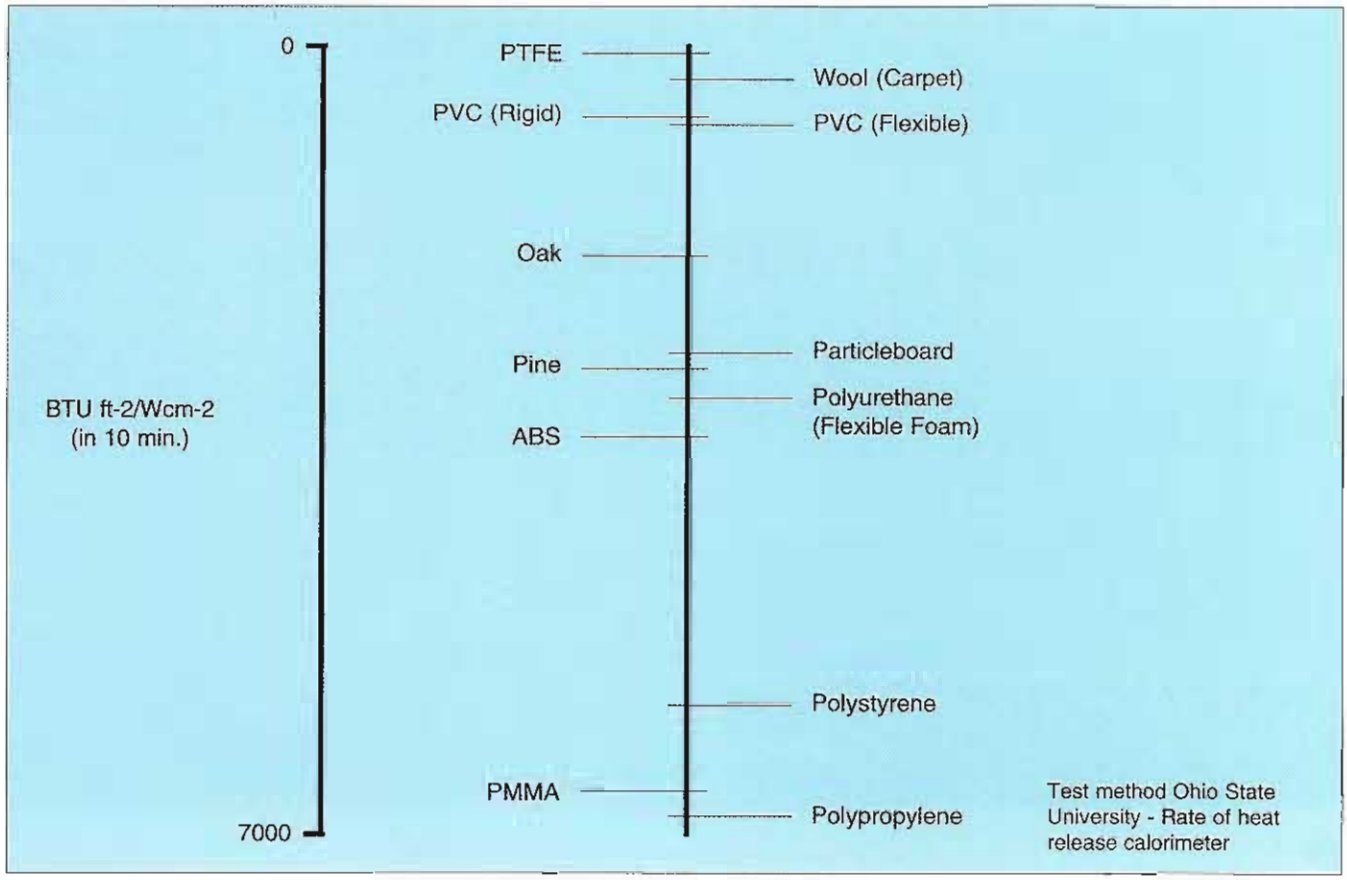
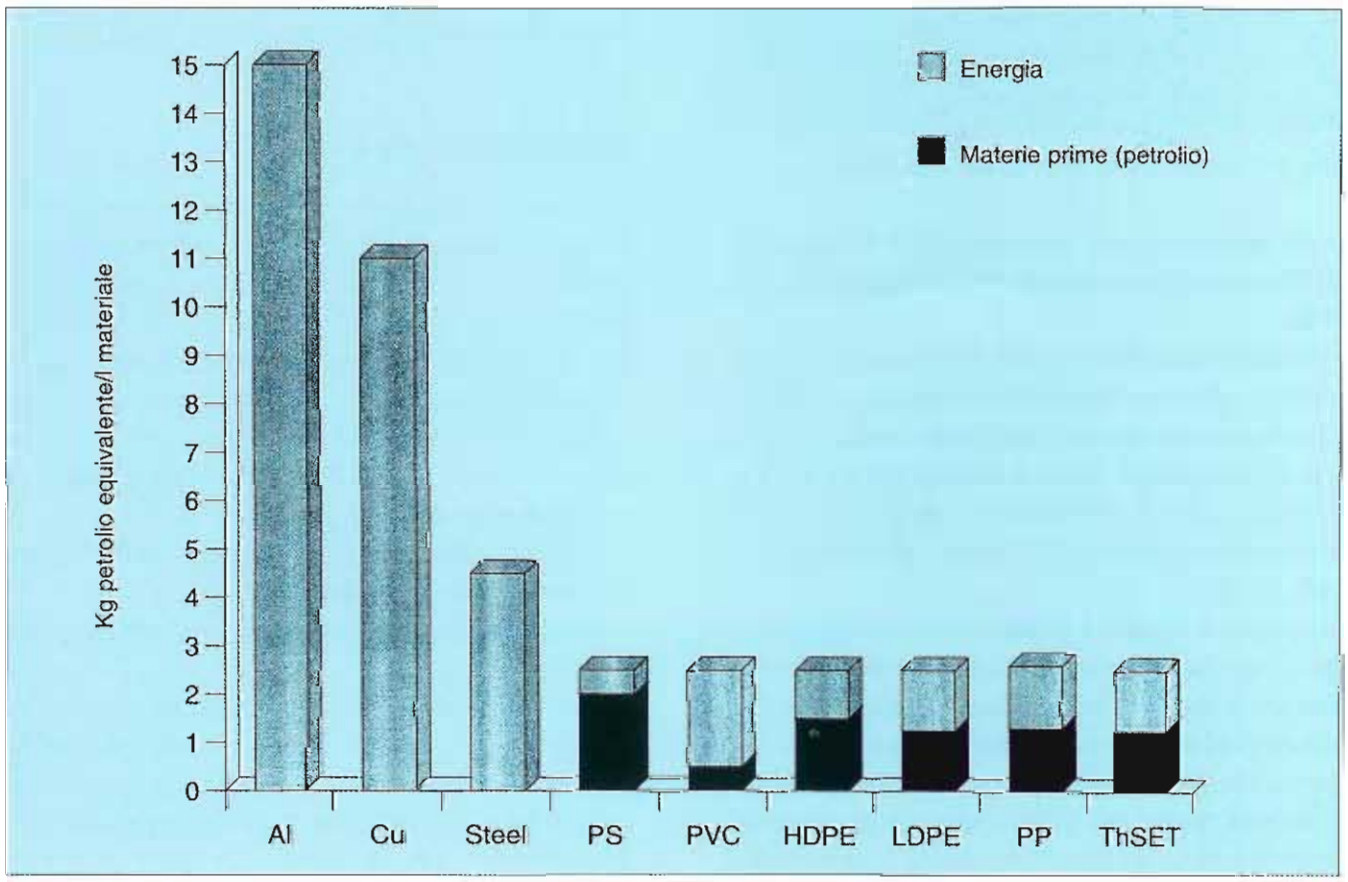


Fig. 5 - Calore totale prodotto

Fig. 6 - Consumo energetico per la produzione



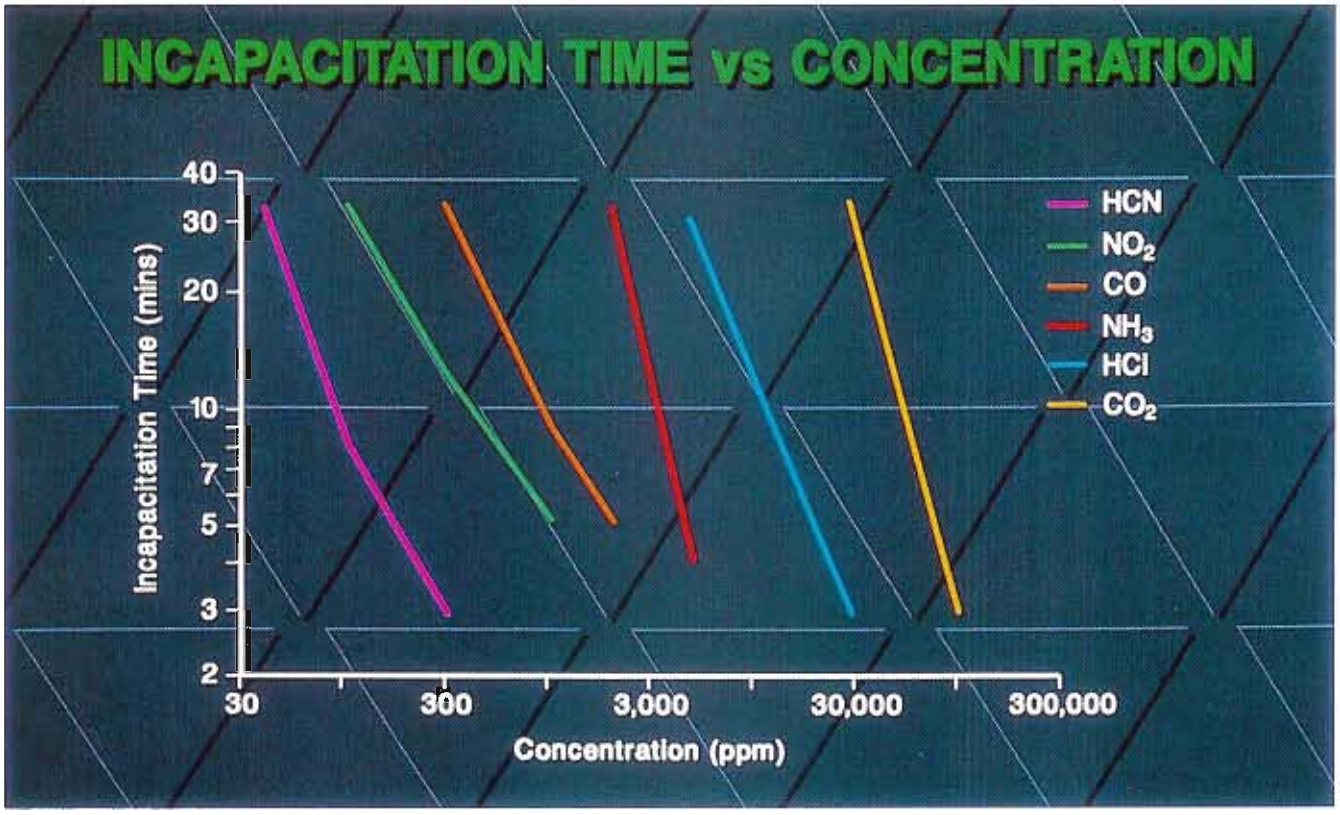


Fig. 7

- Prodotti non volatili
- Prodotto fisiologico
- Senza manutenzione
- Resistente alla corrosione
- Facile da riciclare

Fig. 8 - Caratteristiche del PVC per le costruzioni

morti per asfissia negli incendi in cui il Pvc è coinvolto. E' abbastanza facile dimostrare che si tratta di accuse infondate.

Innanzitutto va detto che il Pvc è un materiale autoestinguente e quindi non propaga la fiamma se non in presenza di altre sostanze combustibili. Inoltre il calore svolto dal Pvc è nettamente più basso di quello di altri materiali normalmente utilizzati nell'edilizia (p.e. legno) e questo riduce il pericolo di nuovi focolai indotti dall'incendio principale (Fig. 5).

Ancora più importante è il fatto che mentre l'ossido di carbonio, sempre presente negli incendi, è il killer silenzioso, inodore, insapore ed incolore che porta alla perdita di conoscenza in tempi brevi già a basse concentrazioni, l'HCl produce lo stesso effetto a concentrazioni di un ordine di grandezza più alto, ma la sua presenza è avvertibile già a livello di qualche ppm (parti per milione), enormemente distante dai livelli tossici (Fig. 7). In questo modo lo sviluppo di HCl, lungi dall'essere la principale causa di morte, può svolgere una efficace azione di allarme specie nel caso di incendi sommersi (ad es. in quelli innescati dai corti circuiti).

Piogge acide e diossina

Un'accusa che, con grande leggerezza, viene mossa al Pvc è quella di essere uno dei principali responsabili del fenomeno delle piogge acide e della produzione di diossina nell'incenerimento dei rifiuti solidi urbani contenenti Pvc.

Per quanto riguarda le piogge acide va ricordato che le emissioni di fumi acidi all'atmosfera, da tutte le fonti dovute all'attività umana, sono per il 69% ca. dovute ad ossidi di zolfo (SOx), per il 29% ca. ad ossidi di azoto (Nox) e solo per il 2% ad HCl (Fig. 10).

Il contributo degli inceneritori non supera lo 0,2-0,4% e la metà di questo è imputabile al Pvc.

In altre parole il contributo del Pvc ai fumi acidi è inferiore allo 0,2% del totale.

Per quanto riguarda la diossina è stato ampiamente dimostrato, sia teoricamente, sia sperimentalmente con prove su inceneritori condotte in Usa, Germania ed Italia, che la formazione o meno di diossina negli inceneritori di rifiuti solidi urbani è legata solamente alle condizioni di mar-

cia degli stessi ed è irrilevante l'assenza o la presenza, anche su valori doppi o tripli di quelli tipici, del Pvc. In altre parole se l'inceneritore è esercito secondo quanto previsto dalle vigenti leggi, e cioè con temperature superiori ai 950 C, tempi di permanenza dei fumi nella camera di combustione (o post-combustione) di almeno 2 secondi ed accesso di ossigeno *non* si ha formazione di diossina, indipendentemente dalla composizione dei Rsu alimentati nell'inceneritore.

Riciclo del Pvc

Lasciatemi aggiungere alcune parole anche su un'altro soggetto che è, forse, di minore interesse diretto per questo pubblico, e cioè sull'accusa al Pvc di essere, nelle sue applicazioni negli imballaggi monouso, un grosso dissipatore di energia e uno dei principali responsabili dei problemi delle discariche che, come è noto, sta esplodendo in Italia ed in tutta Europa.
Premesso che l'affermazione delle materie plastiche in generale e del Pvc in particolare in tale settore è dovuto alle precipue e insostituibili qualità di questi materiali, è interessante rilevare come, da uno studio effettuato in Germania, emerga che la sostituzione degli imballaggi in materia plastica con imballaggi tradizionali porterebbe ad un incremento del 300% nel peso dei rifiuti, del 150% nel volume e del 100% nel costo e nel consumo energetico (Fig. 9).
In aggiunta a ciò va detto che le materie plastiche possono essere riciclate, sia meccanicamente che termicamente per recuperare l'energia che ancora contengono.
In particolare il Pvc è una delle materie plastiche che può essere più facilmente riciclata, sia perché la presenza del cloro ne permette l'individuazione e la separazione con metodi strumentali, sia perché, a differenza di altri materiali, la rilavorazione del Pvc è possibile anche in presenza di una percentuale anche elevata di contaminazioni (Fig. 11).
La società che io rappresento, la Evc Italia, è fortemente impegnata in tali attività di riciclo, sia a livello di ricerca che con il diretto coinvolgimento in attività industriali.

Conclusione

Spero che da quanto detto finora emerga la ragione per cui è stato scelto come titolo per questa conversazione quello, leggermente provocatorio, di "Pvc prodotto ecologico". Al di là dei molti luoghi comuni il Pvc è un prodotto che ha dato e che, siamo convinti, continuerà a dare un grosso contributo al nostro moderno stile di vita, un materiale che accanto alle poche, inevitabili ombre che accompagnano ogni prodotto ha una serie di caratteristiche positive che ne garantiscono lo sviluppo.
E' significativo ed esemplare quanto compare nell'ultima edizione della "The green consumer's supermarket shopping guide" dove a pag. 56 è scritto testualmente, tra l'altro, "... il nuovo interesse nel risparmio energetico porta a prevedere, almeno sulla carta, che gli anni 90 vedranno il Pvc risorto come un materiale amico dell'ambiente".
Vista la fonte da cui tale previsione proviene non possiamo che esserne contenti e sottoscriverla pienamente.

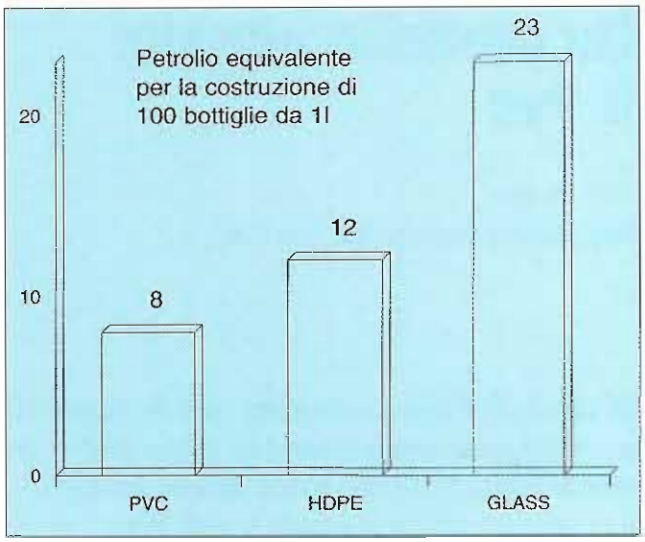


Fig. 9 - PVC ed ambiente

	% of total potential acidity
Sulphur dioxide (mainly from power stations)	69
Oxides of nitrogen mainly from motor vehicles)	29
Hydrogen cloride	2
	100

Fig. 10 - Provenienza di acidi in atmosfera

	Contenuto energetico (MJ/Kg)
Polietilene	43.3
Polistirolo	40.0.
PVC	22.0
Gas	42.0
Carbone	29.0
Legno	16.0
Carta	14.0

Fig. 11 - Contenuto energetico dei materiali plastici e non

Un prodotto attuale: il Pvc

di Dr. Vallaro
Responsabile commerciale Basf Italia

Un oggetto può essere considerato "*attuale*" quando esso soddisfi pienamente le richieste del relativo utilizzo e del periodo storico in cui esso è stato pensato e prodotto.
Il compito primario di un oggetto è, praticamente, quello di elevare il livello di vita di una determinata era nei confronti di quella immediatamente precedente.
Inoltre, la durata vitale di un manufatto può non essere strettamente legata al materiale con il quale esso è stato inizialmente costruito.
Quale esempio a quanto sopra esposto è che il pur semplice coltello, nel paleolitico era prodotto utilizzando delle silici e offrendo, per quei tempi, una elevata attualità.
Oggi, lo stesso coltello e per usi più o meno identici, viene prodotto utilizzando l'acciaio, prodotto attuale alla nostra era e sconosciuto nel paleolitico.
Questa semplice sostituzione ha però permesso ad un manufatto, pensato anticamente, di risultare ancora *attuale*.
La validità di un manufatto e la sua longevità è quindi strettamente legata ai vari livelli tecnologici che, nel lungo periodo, ne permettono un perfezionamento. Inoltre, il tutto è legato, strettamente, alla ricerca scientifica di nuove materie.
Con questa ottica la ricerca della chimica e la capacità produttiva dell'industria hanno operato con continuità e perspicacia proponendo, di volta in volta, nuovi materiali per antichi manufatti facendoli risultare ancora *attuali*.
All'interno di tutte le nuove materie sintetiche il cloruro di polivinile, il Pvc, è certamente quella che ampiamente ha sostituito materie naturali, attualizzando manufatti di uso comune e non.
L'uso di Pvc nel mondo oggi ha raggiunto i 19 milioni di tonnellate attualizzando i prodotti più disparati ed esempio più eclatante la carta moneta con le carte di credito che oggi sono così attuali.
L'utilizzo del Pvc in edilizia ha da tempo sostituito molte materie rintracciabili in natura sostituendole per la produzione di foglie impermeabilizzanti, coperture di tetti, tubazioni e raccordi e, non per ultime, tutte le varie tipologie di serramenti quali: finestre, porte e persiane.
Tutto questo è stato possibile grazie alla elevata duttilità della materia Pvc, che abbina con ottime caratteristiche meccaniche, tecniche e produttive.
Non trascurabile è la capacità del Pvc di adattarsi a qualsiasi esigenza estetica che può passare dalla morbidezza delle pelli animali conciate, alle forme ed alla presentazione del legno.
Un manufatto in Pvc supera ottimamente le necessità richieste di: resistenza agli agenti atmosferici, agli urti e, quindi di inalterabilità mentre assolve altrettanto bene la coibentazione termica e l'isolamento acustico.
La possibilità poi di adattarsi a qualsiasi esigenza di forma, di estetica e di stile fa del Pvc una materia attuale per la produzione di serramenti.
Una risposta precisa dal Pvc se utilizzato per la produzione di serramenti è data anche per quanto concerne i risparmi.
Questi risparmi sono inizialmente di carattere tecnico perché aiutano principalmente l'industria edile - quando questo settore produttivo desideri essere industria e non grosso artigianato - a risolvere problematiche di carattere economico ed organizzativo nei cantieri.
I risparmi proseguono, inoltre, anche per l'utilizzatore finale il quale noterà quale aiuto, un serramento in Pvc, gli dia, nel risparmiare in costi di riscaldamento e manutenzione.
Il risparmio energetico non risulta poi essere a solo appannaggio del singolo ma di tutta la comunità umana.
L'uso del Pvc in tutte le sue varie applicazioni ci permette di risparmiare grosse quantità di energia oltre che risolvere problemi creati dalla produzione industriale di altre materie prime.
Infatti, la sempre maggior richiesta da parte del mercato di soda, obbliga in conseguenza del ciclo produttivo l'ottenimento di cloro. La trasformazione del cloro, prodotto non facilmente eliminabile, in cloruro di polivinile permette, invece, di soddisfare molte altre necessità e richieste del nostro attuale sistema di vita che è legato sia alla presentazione estetica dei prodotti confezionati che alla loro stessa conservazione.
In modo certo ed evidente l'attuale sistema di distribuzione e conservazione non avrebbe avuto la possibilità di espandersi se, contemporaneamente, non si fossero sviluppati imballaggi in Pvc adatti alle esigenze moderne.
Circa il risparmio energetico è da segnalare che il costo che la comunità paga, utilizzando la materia Pvc, è notevolmente inferiore di quanto essa paghi per ottenere, a pari peso, vetro, alluminio e metalli vari.
Questo risparmio prosegue, inoltre, quanto si consideri il

costo relativo al ricupero ed alla rigenerazione.
Oggi, solo alcuni prodotti permettono di risolvere il problema del ricupero ma molto poche sono quelle, che nella fase di rigenerazione richiedono minori quantità di energia che non per la produzione in origine della materia prima stessa.
Questo risparmio energetico nella fase di rigenerazione è una peculiarità della materia Pvc che richiede per questa operazione bassissime quantità di energia e quindi, di riflesso, minore inquinamento.
Le odierne posizioni, nei confronti del Pvc, possono sembrare in contrasto con quanto sopra asserito ma, se si volessero valutare con cognizione di causa e senza preconcetti le conseguenze ecologiche che generano i così detti prodotti naturali, certamente, le opinioni risulterebbero più favorevoli alle materie plastiche che non ai prodotti naturali così come sono oggi *snaturalizzati.*
Per dovere di cronaca è infatti necessario dire che non è giusto definire ecologico un prodotto o una materia che crea, comunque, danni alla natura avvolgendosi in una nube ecologica e non inquinatrice.
Il taglio indiscriminato delle foreste amazzoniche e africane, che risultano essere alla base del nostro ecosistema e della nostra sopravvivenza, non dovrebbe avvenire in modo così indiscriminato, distruggendo annualmente alberi pari alla superficie dell'Austria (Fonte Wwf).
Se poi per prodotto ecologico si intende parlare di prodotti naturali che sia per superare le richieste tecniche o di resistenza agli agenti atmosferici che per mantenersi esenti da muffe o scolorimenti o invecchiamenti e/o degrado precoce, devono essere letteralmente: impregnati essicati e ricoperti dei più ampi e svariati prodotti chimici è bene allora rivisitare il termine ecologico.
Questi prodotti naturali risultano poi di difficile recupero e devono essere, per la maggior parte, inceneriti, per cui quel termine che il consumismo aveva affibbiato ai prodotti sintetici oggi: "Usa e getta" è più appropriato per i prodotti naturali.
Questa stessa realtà esiste anche per altre materie considerate, a torto, naturali, ecologiche e ricuperabili come la carte ed il vetro.
Per l'alluminio, oltre ad una elevatissima domanda di energia per la produzione risulta necessaria, in parte, la soda rimandandovi per le necessarie valutazioni del problema al rapporto produttivo cloro/soda.
Circa il problema del recupero e del riciclaggio dei materiali provenienti dal rinnovamento edilizio una ricerca, effettuata in Germania nel 1988, ha evidenziato che per questa ragione venivano depositate nelle discariche circa un milione di tonnellate di detriti (calcinacci e manufatti) nelle quali solo 1,5% era composta da Pvc, pari a 15.000 tonnellate di materiali plastici vari.
Interessante è sapere che nella Germania Occidentale, nel settore edile nello stesso anno, erano state utilizzate più di 600.000 tonnellate (2,5% nelle discariche) di cui 150.000 per serramenti in Pvc.
Ciò conferma che essendo le materie plastiche riciclabili ed a costi molto bassi esse venivano ricuperate prima del trasporto alle discariche.
Quanto esposto nella presente relazione dimostra che quando l'uomo è teso a migliorare il proprio livello di vita, variando o modificando la tradizionale struttura naturale modifica sempre e comunque l'altrettanto naturale equilibrio ecologico.
A seguito di ciò e nel rispetto sia di madre natura che del desiderio dell'uomo di migliorare senza distruggere, non ci faremo anche noi paladini del termine "ecologia" così come altri fanno, che per evidenti e mal celati interessi economici cavalcano nervosamente l'ecologia come fosse una tigre, con la speranza di non venirne disarcionati e quindi divorati.
E' quindi per noi, dell'Associazione Si-Pvc, positivo dimostrare, come in questa occasione, che ancora una volta è valida ed attuale "chi è senza peccato scagli la prima pietra".
Comprendendo che un così ampio problema non può essere approfondito in così breve tempo intendiamo però confermare in questa sede il proposito, di tutte le società aderenti al Si-Pvc, di dimostrare sia l'idoneità dei serramenti in Pvc che la costante ricerca tecnica e applicativa delle stesse al fine di offrire agli utilizzatori una qualità superiore cosicché sia indiscutibile l'attualità del Pvc.

La progettazione termoacustica del serramento in PVC secondo le nuove direttive nazionali

di Marco Piana

L'edificio è stato da sempre progettato e realizzato con lo scopo di delimitare una zona definita "ambiente di vita" o "ambiente di lavoro" per l'uomo.
L'ambiente creato ha soddisfatto le esigenze primarie di sicurezza e di microclima. Oggi le esigenze sono cresciute e a quelle primarie si sono aggiunte le esigenze complementari dovute alla limitazione dei consumi e al miglioramento del comfort.
Quest'ultima motivazione è di particolare interesse per il corpo umano in quanto risulta essere correlato alla temperatura superficiale delle pareti delimitanti l'ambiente interno. In particolar modo il corpo umano è influenzato dal ricambio d'aria, dalla temperatura di irraggiamento delle superfici trasparenti e dalla rumorosità dell'ambiente interno.

Il serramento in PVC

Le principali caratteristiche prestazionali delle finestre sono essenzialmente:
- la tenuta all'aria e al vento;
- la tenuta alla pioggia battente;
- i comportamenti meccanici a sollecitazioni di varia natura sia in utenza normale che di tipo eccezionale;
- l'eliminazione di condense e la trasmissione termica;
- la trasmissione luminosa;
- la trasmissione sonora.

Caratteristiche e prestazioni prerogative della finestra, quella di PVC in particolare, sono definite da norme nazionali e internazionali intese a controllare la rispondenza all'uso e la sicurezza di questo importante componente edilizio.
Le norme che definiscono tipi e caratteristiche delle finestre sono in Italia le norme UNI e le direttive UEAtc applicate da ICITE.
UEAtc classifica le finestre in quattro tipi fondamentali a cui corrispondono anche specifiche prove: il tipo 0, che comprende le finestre fisse; il tipo 1, che comprende le finestre a battente, cioè ad apertura, lungo un asse verticale od orizzontale; il tipo 2 che corrisponde alle finestre ad anta ribaltabile; il tipo 3 ovvero quello delle finestre ad apertura a scorrimento orizzontale o verticale (a saliscendi).
Tutte le prove sulle finestre hanno carattere funzionale, tendono cioè a mettere in evidenza il comportamento del serramento in esercizio.
In base alle risultanze delle prove, le rie diverse che definiscono i livelli della loro funzionalità e di conseguenza le limitazioni della loro applicabilità nell'edificio.
La finestra di PVC, oltre a essere atta a soddisfare anche le categorie più severe di funzionalità e a non essere per lo meno inferiori per durata alle finestre realizzate con altri materiali, mantenendo nel tempo il livello di prestazioni richieste, presentano alcuni vantaggi derivati dal materiale impiegato, quali:
- bassa conducibilità termica, per cui anche con basse temperature esterne, non si presentano fredde al tatto e non causano formazioni di condensa;
- bassa conducibilità acustica, che favorisce la protezione dai rumori esterni;
- nessuna esigenza di manutenzione particolare, all'infuori della usuale pulizia dalla polvere e dallo smog. Infatti, la resistenza chimica del PVC rigido è molto elevata nei confronti di sostanze di natura salina acida e basica, per cui i manufatti di PVC non vengono intaccati dall'azione dello smog, dalle nebbie saline e dalle atmosfere industriali.

Inoltre il PVC rigido ha una elevata resistenza nei confronti di prodotti chimici di tipo tecnico, quali sono quelli contenuti usualmente nei prodotti per la casa.

Isolamento termico

L'entrata in vigore della legge "373", 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 venir 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 (k).

La conducibilità termica, l, ha la dimensione di W/m.K, vale a dire di 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, k, è riferita ad una lastra che separa due fluidi, ha la dimensione di W/m2.K e fornisce la quantità di calore che viene trasmessa attraverso l'unità di superficie nell'unità di tempo.
La trasmittanza termica ha impieghi prevalentemente pratici come è il caso degli scambiatori di calore o, quello che a noi interessa, di una superficie di tamponamento fra due ambienti.
Alcuni valori di k e di l per materiali e tipi di lastra di vetro diversi sono riportati in tab. 1.
Poiché, però, un serramento è un sistema complesso costituito da una parte trasparente e una opaca e da conformazioni geometriche dei componenti anche molto diverse, la valutazione della coibenza termica del complesso richiede una analisi molto articolata.
In prima approssimazione la trasmittanza della finestra può essere data dalla relazione:

$$K_{tot} = \frac{K_v \times S_v + K_t \times S_t}{S_v + S_t}$$

dove:
K_{tot} = trasmittanza dell'intero serramento;
K_v = trasmittanza della vetratura;
K_t = trasmittanza del telaio;
S_v = superficie vetratura;
S_t = superficie telaio.

Il telaio derivato richiede una ulteriore approssimazione in quanto il sistema deve funzionare a temperature anche molto diverse per le diverse ore della giornata e le diverse stagioni dell'anno. A questo fine si introduce la trasmittanza termica media giorno/notte, che tiene conto di questi aspetti e che come risulta dalla tab. 2 offre valori notevolmente diversi rispetto alla trasmittanza totale. Le infiltrazioni d'aria partecipano in maniera importante alle perdite termiche di un serramento soprattutto se queste infiltrazioni sono eccessive rispetto a quanto richiesto da un

Tab. 1 - Trasmittanza termica di materiali diversi

Materiale dei profili	Trasmittanza termica k (Wm²K)
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/m³)	Conducibilità termica λ (W/mK)
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

Tab. 2 - Trasmittanza termica media giorno/notte di sistemi finestra

Tipo di vetratura	Spessore nominale intercapedine d'aria (mm)	Natura telaio	Trasmittanza serramento nudo	Trasmittanza media giorno/notte del serramento con schermo	
				a tapparelle o ante piene	altri casi
Vetro semplice	—	Legno, PVC	5,0	3,7	4,7
		metallo	5,8	4,2	4,8
Vetro doppio	6	Legno, PVC	3,3	2,6	2,9
		metallo	4,0	3,1	3,4
	8	Legno, PVC	3,3	2,6	2,9
		metallo	4,0	3,1	3,4
	10	Legno, PVC	3,0	2,4	2,7
		metallo	3,8	2,9	3,2
	12	Legno, PVC	2,9	2,4	2,6
		metallo	3,7	2,9	3,2
Doppia finestra		Legno, PVC	2,6	2,1	2,3
		metallo	3,0	2,5	2,7

Tab. 3 - Correlazione fra il tipo di locale e le zone di rumore

R1	per valori di	20-27	dB.
R2	" " "	28-35	dB.
R3	" " "	> 35	dB.

Tipo di locale	Zone di rumore			
	1	2	3	4
1	R1/R2	R2	R2/R3	R3
2	R1	R1/R2	R2	R3
3	R1	R1	R1/R2	R2

normale ricambio. Dal valore Q di infiltrazione d'aria si può calcolare la quantità di calore necessaria per riscaldare quest'aria alla temperatura ambiente:

C = Cp x g x Q x (Ti - Te) in kcal/k
dove:
Cp = calore specifico dell'aria;
Q = portata d'aria per infiltrazioni(m^3 h);
l = densità dell'aria;
Ti - Te = differenza di temperature fra aria esterna e interna (Cp x l = ca 0,3 kcal/cm^3).

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.
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...
I valori di R stimati e sperimentati per i serramenti esterni vengono riferiti a tre classi di isolamento (tab. 3):
- R1 per valori di 20 - 27 dB;
- R2 per valori di 28 - 35 dB;
- R3 per valori di ≥ 35 dB.

Sotto il profilo acustico, la funzione dei serramenti esterni è di assicurare all'interno del locale un conforto adeguato. A tal fine la sua classe di prestazione dovrà essere correlata con il clima di rumore esterno della zona per cui il serramento è desti-nato.
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. I livelli sonori di normale tollerabilità per alcuni tipi di locali definiti secondo le norme UNI/CE 0009 e UNI 7170/73 sono:
- tipo 1 - camere d'ospedale, teatri, sale conferenze, biblioteche, locali di abitazione in zone rurali 30 dB (A);
- tipo 2 - locali di abitazioni in zone urbane 35 dB (A);
- tipo 3 - aule scolastiche 45 dB (A).

La suddivisione del territorio in zone in relazione al clima di rumore viene stabilita in base ai seguenti criteri:
- zona 1 - livello sonoro equivalente compreso entro 65 dB (A);
- zona 2 - livello sonoro equivalente compreso entro 65 e 70 dB (A);
- zona 3 - livello sonoro equivalente compreso entro 70 e 75 dB (A);
- zona 4 - livello sonoro equivalente oltre 75 dB (A).

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 possibile cause che possono influire nei singoli casi sulle modalità di propagazioni sonora fra la sorgente e il punto d'ascolto. Si elencano fra queste le più importanti, per 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;
- 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. 4). 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.

Le nuove normative

Così si presentava il quadro generale riguardante il serramento: l'uscita sulla G.U. n. 13 del 16.1.1991 della legge n. 9 e n. 10 e l'uscita della G.U. n. 57 del 8.3.1991 del DPCM hanno creato un sostanziale mutamento dell'approccio termico e acustico.
La legge n. 10 interagisce in modo ponderale sui diversi componenti dell'edificio e introduce alcune variazioni basilari per il controllo del consumo energetico.
Possiamo così riassumere i punti fondamentali (tab. 5):1) Vengono fissati i *consumi* di energia per le differenti tipologie di edifici. Si passa dalla limitazione della potenza dell'impianto che nella legge 373 veniva imposta con il coefficiente Cd alla limitazione dei consumi di combustibile.
Ovvero l'edificio dovrà essere finalmente analizzato con una ottica più ampia investendo il binomio tanto discusso edificio-impianto.
Il calcolo, secondo alcune disposizioni derivanti da un gruppo di lavoro Cen, verrà basato sul bilancio energetico della costruzione ovvero si dovranno confrontare i consumi con i disperdimenti.
2) Tutti gli edifici dovranno essere progettati e realizzati in modo da creare il maggior risparmio energetico possibile.
In merito vi sono dei processi di ottimizzazione energetica realizzati anche da Enea che permettono di dimostrare che il livello di isolamento attualmente attuato nel nostro paese non è sufficiente.
3) Vengono introdotti i concetti di *collaudo* e *certificazione* energetica degli edifici.
Deve essere compilata una scheda energetica che viene affiancata al certificato di collaudo in caso di compravendita e di locazione dell'immobile, ovvero il rogito è il momento per la valutazione ufficiale della qualità energetica dell'edificio. Inoltre si deve sottolineare che tale certificazione viene rilasciata dal comune stesso o da professionisti abilitati e ha validità di 5 anni.
4) Ogni componente della costruzione, sia nuova che in ristrutturazione, dovrà essere certificato con modalità emanate dal Ministro dell'Industria.
La certificazione comporta la verifica di un ente di certificazione esterna e di un laboratorio idoneo a svolgere le prove previste per il rilascio del documento che permette al costruttore di apporre sul prodotto gli estremi della certificazione stessa.
5) Vengono concessi contributi in conto capitale del 20-40% della spesa sostenuta per incentivare gli interventi di risparmio energetico (riscaldamento, condizionamento, illuminazione, isolamento).
La nuova normativa per il contenimento dei consumi energetici viene stilata da esperti in contatto con il punto nodale della normazione oggi in attività: il Cen.
Quindi è nostra speranza che le disposizioni finali siano in linea con quanto la Cee prescriverà per il libero scambio delle merci e con quanto gli altri paesi realizzeranno nel settore energetico.
Il DPCM del 1.3.1991 coinvolge invece la sfera delle prestazioni e delle emissioni acustiche negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Analizzando il DPCM nelle parti di nostro interesse (tab. 6) possiamo constatare quanto segue:
1) Definisce i limiti massimi di esposizione alle emissioni sonore negli ambienti di lavoro, in quelli abitativi e nell'ambiente esterno.
2) I comuni devono elaborare i limiti massimi dei livelli sonori e in via transitoria verranno adottati provvisoriamente i valori di tab. 7 con i valori limiti di tab. 8.

Tab. 4 - Potere fonoisolante (dB) di elementi e sistemi di finestra diversi

Tipologie di finestre e separatori	R (dB)
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 > 60 mm e vetro spesso	40
Cristallo spessore 3 mm	25
Cristallo spessore 6 mm	30
Cristallo spessore 12 mm	35
Pareti di mattoni spessore 16 mm + intonaco	40
Parete in cls spessore 18 mm	50

Tab. 5 - Legge N. 10

1 - Consumo di energia
2 - Maggior risparmio energetico
3 - Collaudo
4 - Certificazione di prodotto
5 - Certificazione energetica dell'edificio
6 - Contributi in conto capitale
7 - Esperti
8 - CEE CEN

Tab. 6 - DPCM 1/3/91

1 - Limiti rumorosità
2 - Limiti transitori per comuni(Tab. 7)
3 - Valori limiti (Tab. 8)
4 - Valori differenziali

L ambiente - L residuo — 5 dBA diurno / 3 dBA notturno

5 - Concessioni edilizie
6 - Misure di rumorosità
Due metodologie:
- Finestre aperte
- Finestre chiuse

Tab. 7

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

Tab. 8

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

Tab. 9 - Confronto tab. 1 - tab. 2

Tab. 1	Tab. 2
Territorio nazionale	Classe V
Zona A	Classe IV
Zona B	Classe III
Zona industriale	Classe VI

3) oltre ai limiti massimi sono stabilite le seguenti differenze:

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

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 a un metro da queste.
Per quanto riguarda le misure a finestre chiuse ogni disturbo deve essere trascurato indipendentemente dal valore differenziale, 3) nel caso in cui:
- diurno £ 40 dBA
- notturno £ 30 dBA,
mentre i livelli non possono essere ferenziale (3) per
- diurno ≥ 60 dBA
- notturno ≥ 45 dBA.
6) Confronto fra tab. 1 e 2 (tab. 9).
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 diminuirà solo se verrà attuata una variazione sostanziale al principio di funzionamento di vetture e autocarri.

Certificazione del prodotto

Viene qui esposto solo sinteticamente il rapporto fra il prodotto, in questo caso rappresentato dal serramento, e la relativa certificazione.
Vi sono diversi sistematici approcci per discutere la problematica, ma sicuramente per la finestra è impossibile non citare il marchio che l'Uni sta elaborando in collaborazione con costruttori e associazioni.
Il marchio Uni risponde alle direttive della Comunità europea e mediante l'applicazione delle norme Cen si giunge a definire una qualità prestazionale e funzionale del componente.
E' auspicabile che la stesura finale del marchio possa comprendere anche la caratterizzazione acustica e termica come elementi di basilare importanza per la certificazione del serramento esterno.

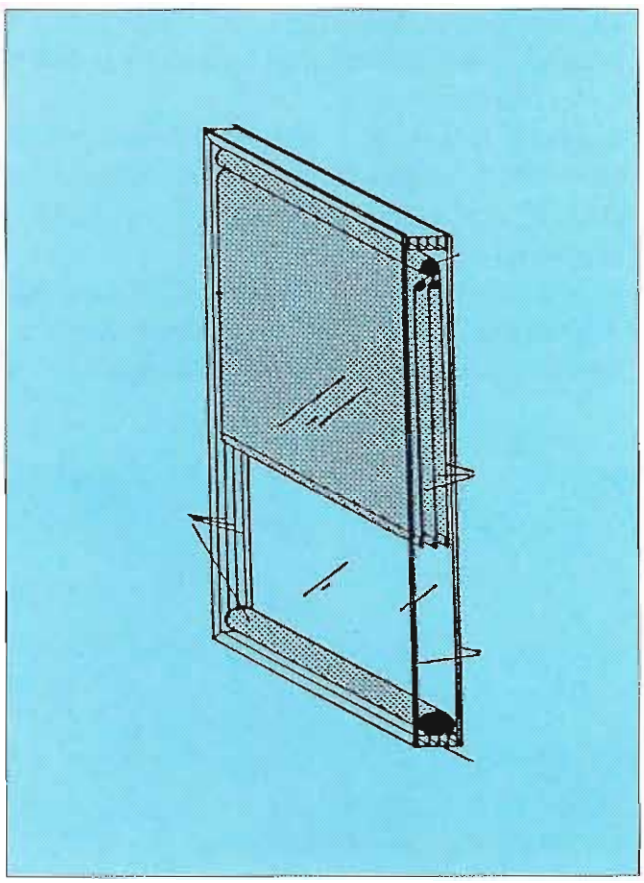
Certificazione della abitazione

E' un processo nato in sede alla Comunità Europea con l'aiuto di nazioni come Francia e Germania le quali adottano (ad es. Francia) una classificazione a seconda della qualità globale dell'isolamento termico, dell'isolamento acustico, della posizione del fabbricato.
In Italia la legge n. 10 sarebbe quindi il primo passo per il solo settore energetico, ma sicuramente altri campi dovrà ricoprire la certificazione dell'abitazione, che verrà este-

sa anche all'industria (naturalmente con altre motivazioni). La legge n. 10 prevede la stesura di una relazione tecnica per motivare la classe relativa.
Sarebbe molto più interessante se questa venisse affiancata a una serie, seppure minima, di prove sperimentali, come se fosse richiesto un collaudo, ad esempio termico o acustico.
In questo caso si avrebbe la certezza, o quasi, delle reali prestazioni che l'edificio è in grado di garantire. Inoltre potrebbero essere ripetute per verifiche successive (vedi legge n. 10, durata di certificazione 5 anni).

Una proposta intelligente

Non è certamente facile rispondere a quanto le nuove normative ci impongono, ma è certamente stimolante proporre una soluzione possibile e realizzabile. Una situazione usuale del comportamento dei serramenti è riscontrabile durante il periodo invernale, quando in alcune ore l'insolazione, l'energia entrante è molto debole, mentre i sistemi di oscuramento, non essendo ancora utilizzati fanno sì che la finestra si trasformi in una causa di disperdimento energetico e di comfort negativo.
Per risolvere i problemi sopra elencati, e per ridurre i problemi energetici di un edificio, si sono scelte tre strategie:
- minimizzare i disperdimenti;



- massimizzare i guadagni;
- ottimizzare i guadagni diurni con i disperdimenti notturni.

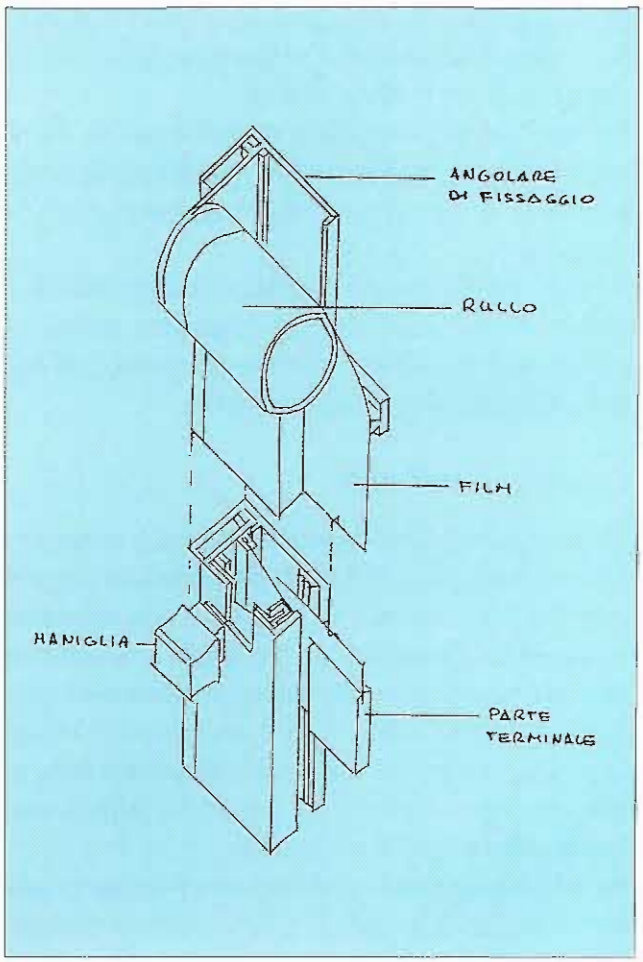
Alcuni dati significativi possono essere riferiti ai valori estremi di trasmittanza termica:
- serramenti: 2 - 3 W/m² K;
- muratura: 0,2 - 0,3 W/m² K,

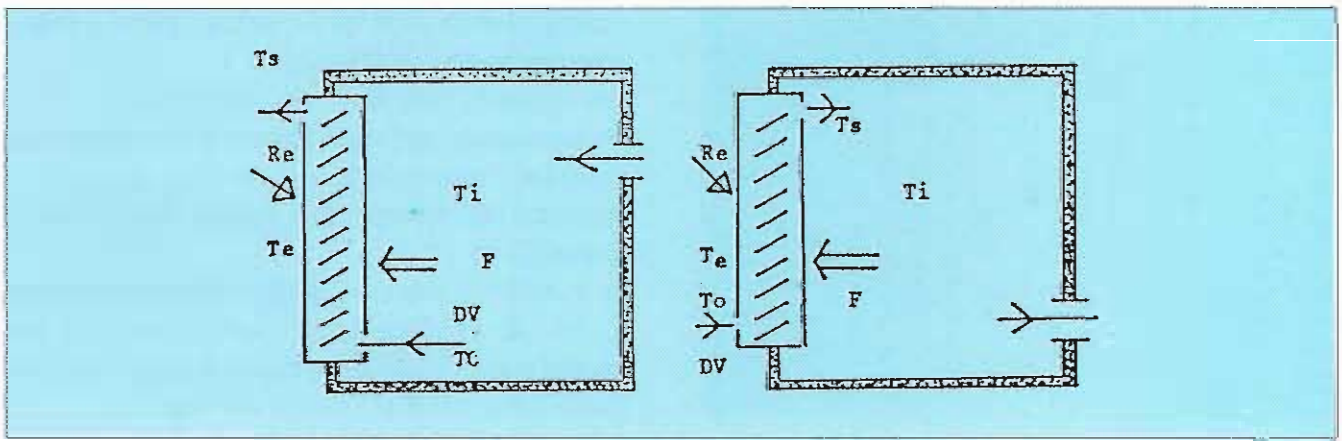
da cui si possono notare le differenze di ordine di grandezza tra il valore di trasmittanza termica delle parti opache e trasparenti di una parete di tamponamento esterno.
Simile situazione è ripercorsa dall'isolamento acustico che vede nel serramento l'elemento più debole di tutta la catena dell'edificio.
Lo scopo è quello di assottigliare questa notevole differenza di trasmittanza termica o di isolamento acustico in modo da giungere a risultati compatibili fra loro.
La seconda importante problematica è rappresentata dal ricambio d'aria che oggi si presenta come una necessità sempre più sentita e con caratteristiche sempre più diversificate.
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 nel serramento.

Il sistema innovativo proposto possiede le seguenti caratteristiche:
- il serramento presenta un coefficiente di trasmissione termica e di isolamento acustico di valore comparabile a quello presentato dai tamponamenti opachi;
- buona trasmissione luminosa;
- energia radiattiva 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 resistenza agli agenti atmosferici con riduzione degli oneri di manutenzione.

Lo schema dell'elemento con le suddette caratteristiche è riportato in fig. 1.
Per soddisfare le esigenze di qualità meccaniche (resistenza al vento, alla pioggia battente, tenuta all'aria e buon isolamento termico e acustico) il telaio è progettato con particolari profili in PVC di notevole spessore.

Questo materiale permette di abbinare a elevate caratteristiche forme geometriche molto evolute e interessanti.
Il particolare profilo, riportato in fig. 2 permette di garantire le caratteristiche dell'intero sistema sopra riportato. 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 film di altra natura senza particolari movimentazioni da parte dell'utente.
In fig. 2 è anche riportato lo schema derivante dallo studio di progettazione del sistema di avvolgimento e di tesatura del film e/o dei film con differenti 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. 3 evidenzia come l'aria possa provenire dall'esterno o dall'interno con un duplice funzionamento:
a) isolamento dinamico: la ventilazione con l'aria di estrazione provoca una diminuzione del coefficiente di trasmissione termica;
b) 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.
E' 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, e ora a sistema interattivo.
Questo fatto contribuirà a 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 i risultati teorici e numerici che, per il momento, vengono rimandati ad altra occasione. ■





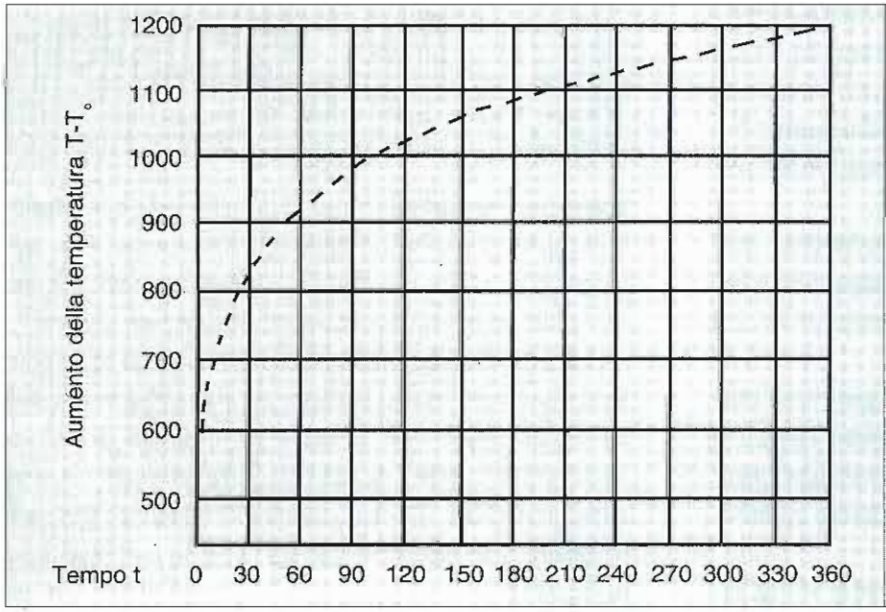
La caratterizzazione al fuoco del serramento in PVC

di Marco Piana
Direttore Tecnico SI-PVC

La caratterizzazione al fuoco di un componente edilizio comporta l'analisi di due prestazioni fondamentali: la reazione e la resistenza.
La prima è riferita al materiale, la seconda al componente. Il PVC, materiale con cui vengono realizzati i serramenti in esame, viene prodotto con caratteristiche che soddisfano sperimentalmente i requisiti della classe 1 della normativa italiana vigente corrispondente alla autoestinguenza; così da ottenere un componente che non propaga la fiamma in presenza di incendio. 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.

La prova

Per realizzare la verifica sperimentale è necessario impiegare una apparecchiatura di prova, denominata forno, molto complessa e simulante, nel miglior modo possibile la realtà.
L'esecuzione viene effettuata seguendo le procedure richieste dalla norma ISO 834. Questa prescrive che la strumentazione sia composta dal forno e da un quadro di comando per il controllo delle temperature e delle innumerevoli funzioni.
La temperatura del forno è aumentata con sistemi ottici automatici secondo la curva stabilita (vedi fig. 1).
Il serramento in PVC sottoposto a prova è del tipo ad an-



Tempo t min.	Aumento della temperatura T-T° °C
5	558
10	659
15	718
30	821
60	925
90	988
120	1029
180	1090
240	1133
380	1193

Fig. 1

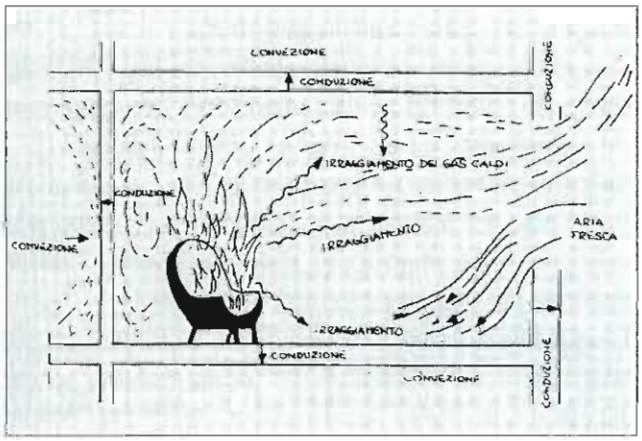


Fig. 2

La curva campione della norma ISO 834 (in Italia UNI 7678) per le prove di resistenza al fuoco e l'esempio della prova che simula la propagazione della fiamma ai piani superiori causata dalla corrente d'aria calda uscente dall'ambiente ove è originato l'incendio.

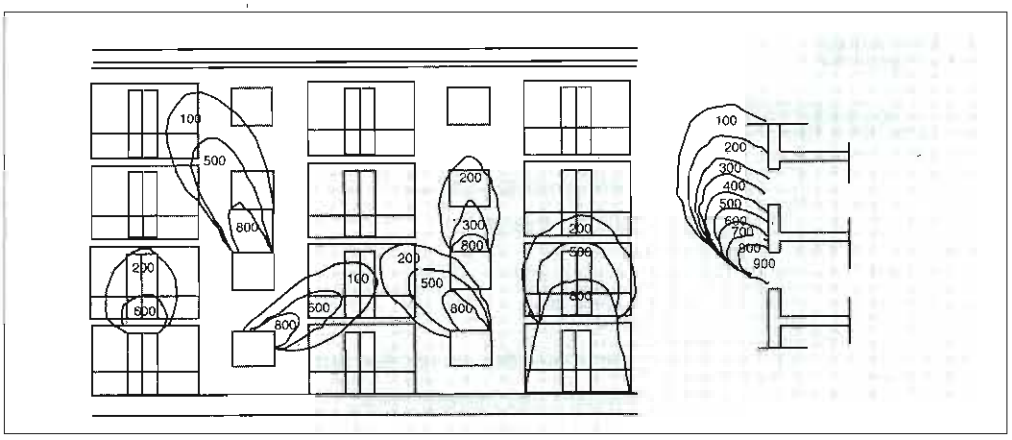


Fig. 3 - Schema di andamento delle curve isotermiche sulla facciata dell'edificio.

ta ribalta ed è stato realizzato con componenti di produzione usuale: i profili sono in PVC con rinforzi metallici, la vetratura è costituita da un normale vetro camera 4/6/4, le guarnizioni sono in elastomero ed il sistema di chiusura è ad anta ribalta.

Il manufatto è stato posizionato in modo che la bocca del forno investisse la facciata esterna del serramento simulando una possibile propagazione di incendio sviluppatasi ai piani inferiori di un edificio multipiano.

La prova simula il comportamento del serramento posizionato fra locale interno e ambiente esterno (fig. 2) con l'innesco di una corrente d'aria entrante ed una uscente che potrebbe permettere il propagarsi dell'incendio qualora (vedi fig. 3) 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 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 1.

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.

Il primo effetto causato dall'aumento della temperatura è rappresentato dalla rottura del vetro esterno a circa 150°C, il secondo dalla rottura del vetro interno a circa 250°C.

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

Il materiale utilizzato per le guarnizioni di tenuta dell'aria del serramento e per la vetrazione è stato appositamente

Tab. 1 - Temperatura d'accensione di vari materiali secondo ASTM D 1929

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	

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 è chiaramente visibile ed il PVC risulta realmente autoestinguente.

Gli andamenti della temperatura nei numerosi punti di rilevamento mostrano in evidenza 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.

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

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

Anche se nel nostro paese la prova al fuoco dei serramenti non è resa obbligatoria da specifiche norme, esistono le capacità e le possibilità di realizzare queste verifiche sperimentali anche su campioni in scala reale.

Le richieste di prestazioni sempre più complesse sottolineano come il serramento in PVC possa evolversi per garantire la funzionalità, la sicurezza e la durata nel tempo.