



**SICUREZZA ANTINCENDIO DELLE  
FACCIAE NEGLI EDIFICI CIVILI**

**ROMA 26 GIUGNO 2013**

 **POLITECNICO DI MILANO**



## **INCENDIO E VETRO STRUTTURALE NELLE FACCIAE CONTINUE PROSPETTIVE**

**Prof. Ing. Paolo Setti**  
Dip. Architettura, Ingegneria delle Costruzioni  
e Ambiente costruito

**26 GIUGNO 2013**

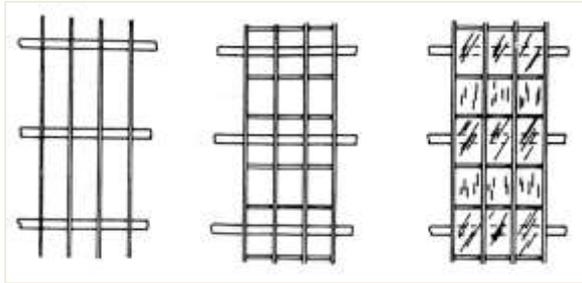
# Sicurezza al fuoco delle facciate continue



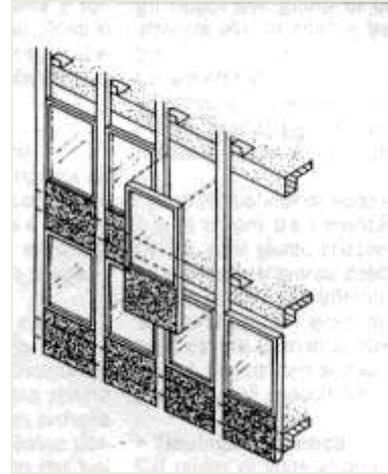
- Propagazione dell'incendio in facciata
- Produzione di fiamme e fumi
- Compartimentazione di piano
- Propagazione ad edifici adiacenti
  
- **Rottura dei vetri**
- **Collasso delle strutture di facciata**
  
- Fruibilità delle vie di fuga e degli spazi aperti adiacenti all'edificio
- Difficoltà di intervento delle squadre di soccorso

# Tecnologia degli involucri vetrati: tipologie a singola e a doppia pelle.

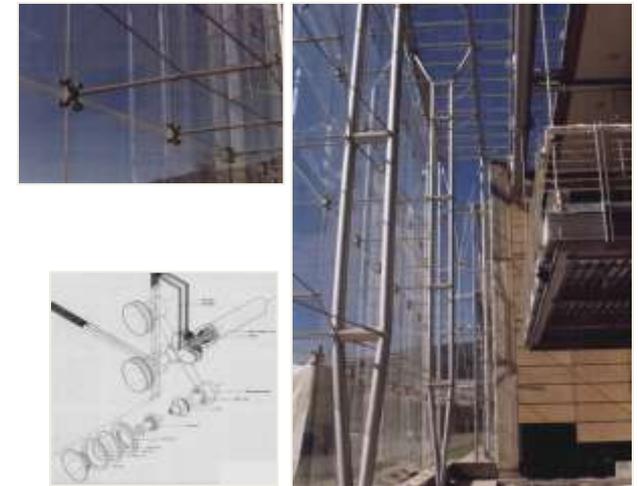
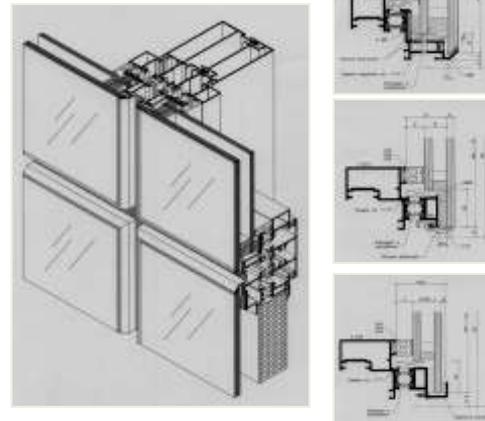
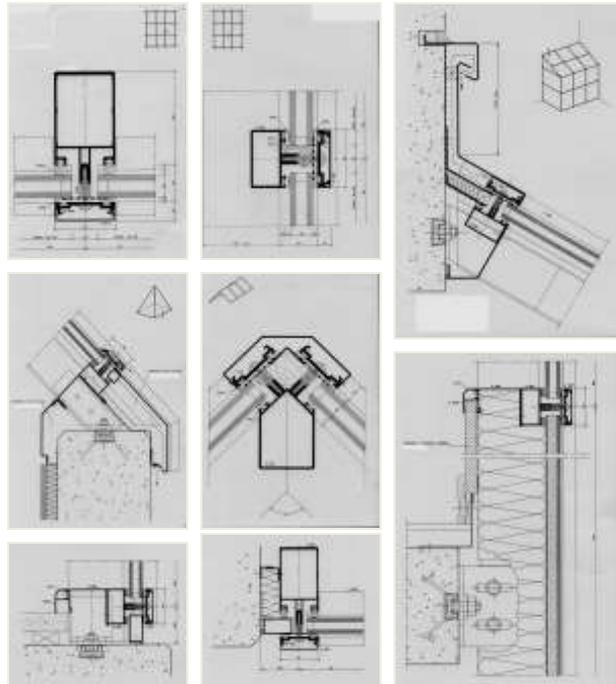
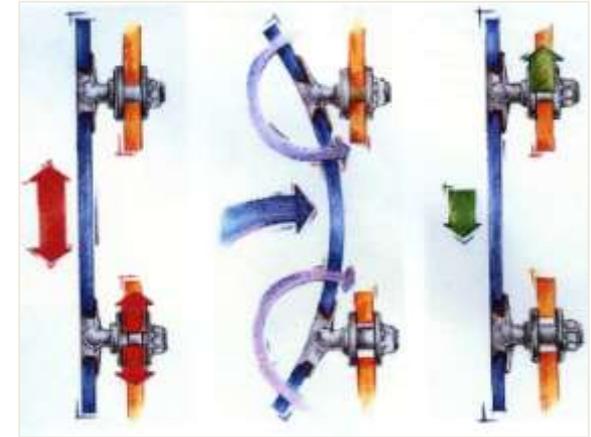
Involucri tradizionali a  
montanti-traversi



Involucri tradizionali a  
incollaggio strutturale



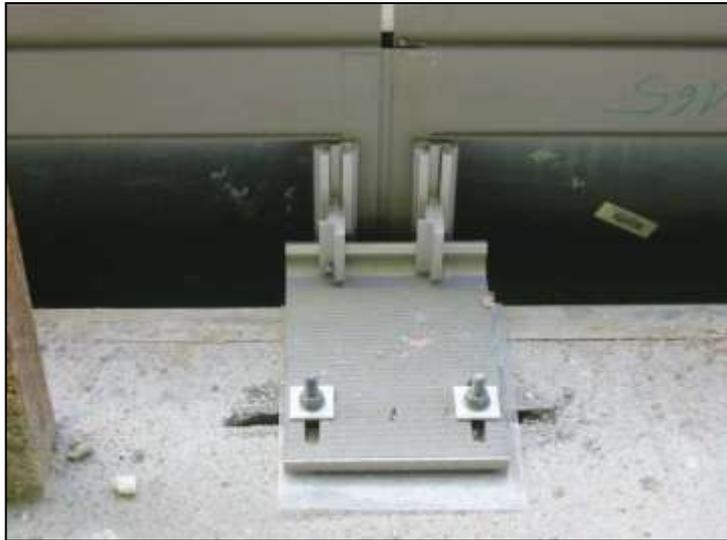
Involucri tradizionali a  
fissaggio puntuale



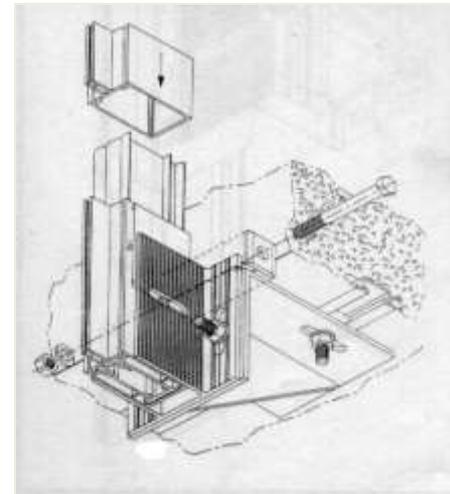
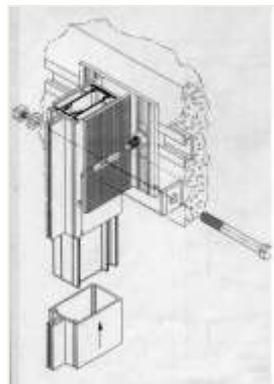
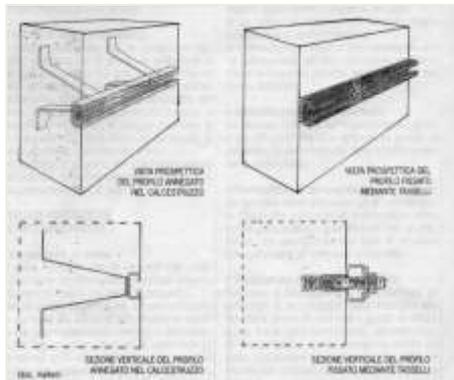
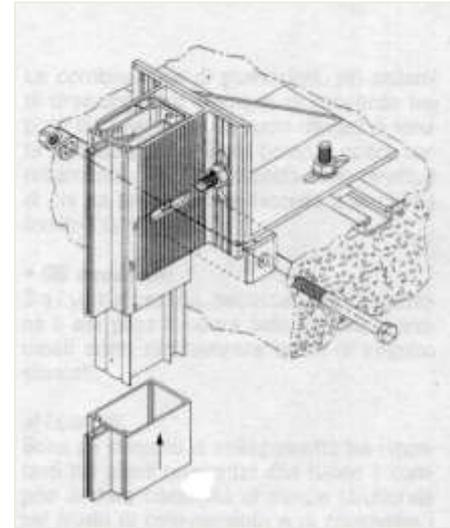
Tipologie di Sistemi di Facciate a singola pelle.

# Tecnologia degli involucri vetrati: tipologie a singola e a doppia pelle.

## Piastra di fissaggio in alluminio



## Piastra di fissaggio in acciaio



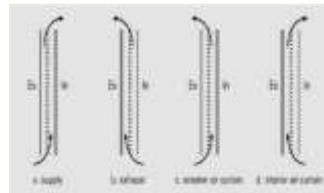
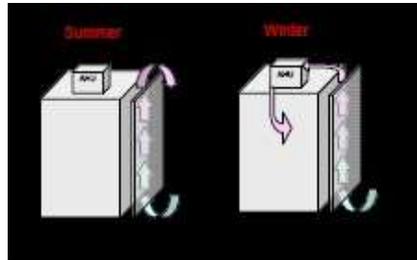
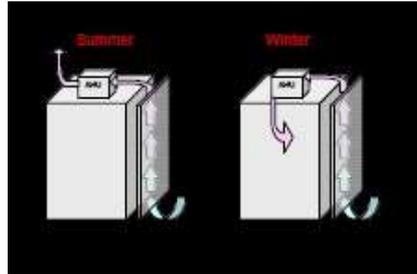
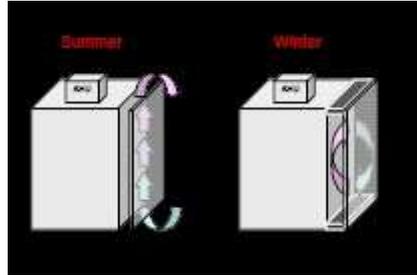
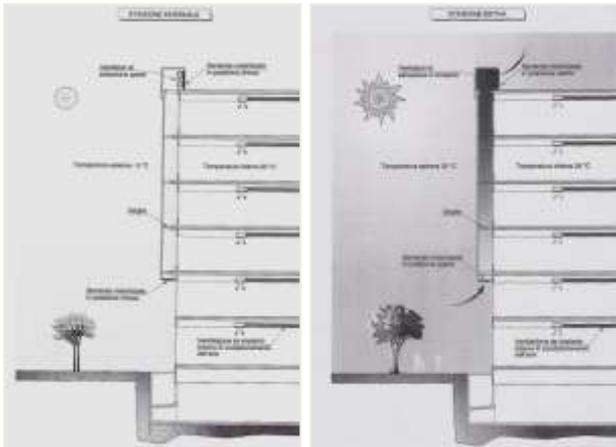
## Sistemi di fissaggio

# Tecnologia degli involucri vetrati: tipologie a singola e a doppia pelle.



- Superficie vetrata esterna
- Intercapedine ventilata
- Sistema di protezione solare
- Superficie vetrata interna
- Sistema di oscuramento e controllo luminoso interno

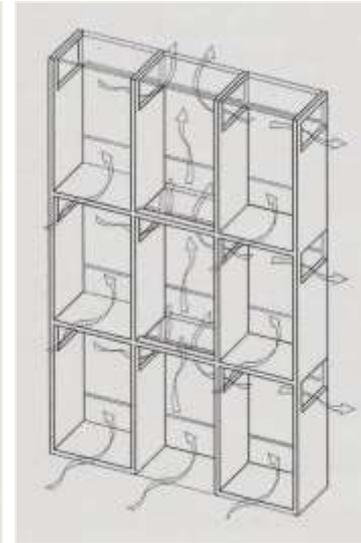
luminoso interno



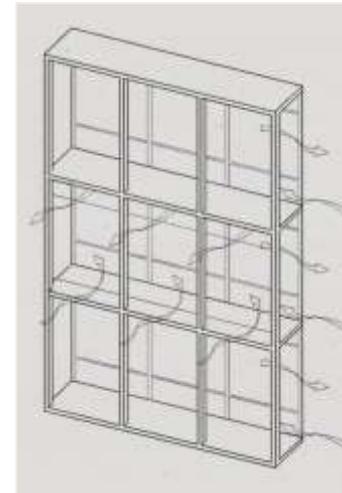
Camino  
solare



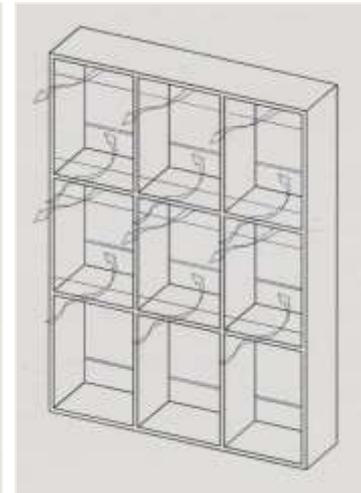
A tutta superficie



A canali



A corridoi



A singola cella

Tipologie di Sistemi di Facciate a doppia pelle.

# MODALITA' DI ROTTURA DEI VETRI: COMPORTAMENTO ALLE ALTE TEMPERATURE

## Vetro Float



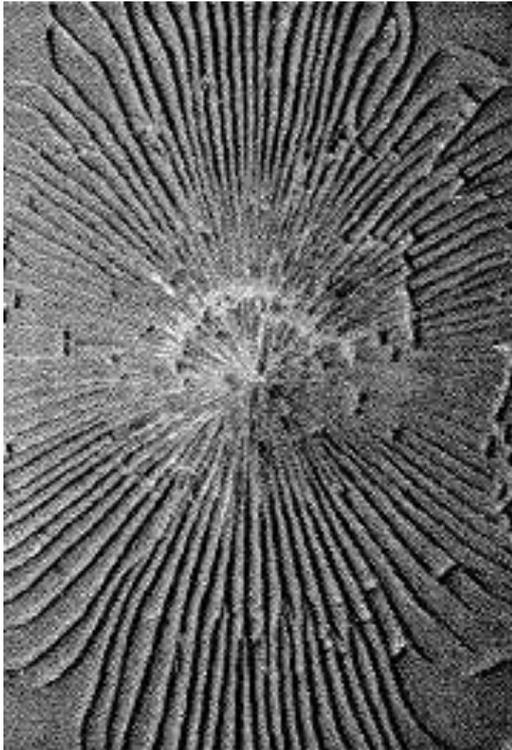
### Valori delle caratteristiche generali

Caratteristica	Simbolo	Valore numerico e unità di misura
Densità (a 18 °C)	$\rho$	2 500 kg/m <sup>3</sup>
Durezza (Knoop)	HK <sub>0,1/20</sub>	6 Gpa
Modulo di Young (modulo di elasticità)	$E$	$7 \times 10^{10}$ Pa
Coefficiente di Poisson	$\mu$	0,2
Resistenza a flessione caratteristica	$f_{g,k}$	$45 \times 10^6$ Pa <sup>a)</sup>
Capacità termica specifica	$C$	$0,72 \times 10^3$ J/(kg · K)
Coefficiente medio di espansione lineare tra 20 °C e 300 °C	$\alpha$	$9 \times 10^{-6}$ K <sup>-1</sup>
Resistenza contro il differenziale di temperatura e la variazione improvvisa di temperatura		40 K <sup>b)</sup>
Conduktività termica	$\lambda$	1 W/(m · K)
Indice di rifrazione medio alle radiazioni visibili (da 380 nm a 780 nm)	$N$	1,5
Emmissività (corretta)	$\varepsilon$	0,837
a)	La resistenza a flessione caratteristica deve essere utilizzata congiuntamente al metodo di progettazione fornito nel prEN 13474.	
b)	Valore generalmente accettato che è influenzato dalla qualità del bordo e dal tipo di vetro.	

UNI EN 572-1

# MODALITA' DI ROTTURA DEI VETRI: COMPORTAMENTO ALLE ALTE TEMPERATURE

## Vetro Indurito



**Valori di resistenza meccanica del vetro di silicato sodo-calcico indurito termicamente**

Tipo di vetro	Valori minimi N/mm <sup>2</sup>
Float: chiaro colorato con rivestimento	70
Float smaltato (basato sulla superficie smaltata in tensione)	45
Vetro stampato e vetro tirato	55

### **Durabilità termica**

Le proprietà meccaniche del vetro di silicato sodo-calcico indurito termicamente rimangono inalterate nel tempo a temperature sino a 200 °C e non subiscono alcun effetto dalle temperature sotto zero. Il vetro di silicato sodo-calcico indurito termicamente è in grado di resistere sia a variazioni improvvise di temperatura sia a differenziali di temperatura fino a 100 K.

UNI EN 1863

# MODALITA' DI ROTTURA DEI VETRI: COMPORTAMENTO ALLE ALTE TEMPERATURE

## Vetro temperato termicamente



**Valori di resistenza meccanica del vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente**

Tipo di vetro	Valori di resistenza meccanica N/mm <sup>2</sup>
Float: trasparente verniciato rivestito	120
Float smaltato (su una superficie di base smaltata in tensione)	75
Vetri stampati e tirati	90

### **Durabilità termica**

Le proprietà meccaniche del vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente rimangono inalterate nel tempo a temperature sino a 250 °C e non subiscono alcun effetto dalle temperature sotto zero. Il vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente è in grado di resistere sia a variazioni improvvise di temperatura sia a differenziali di temperatura fino a 200 K.

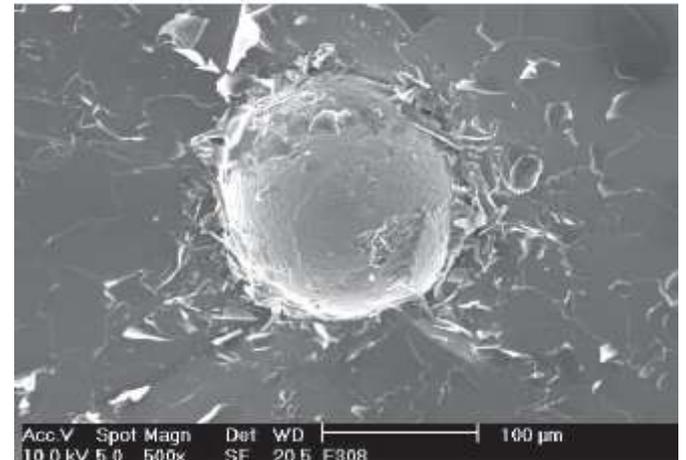
**UNI EN 12150**

# Vetro temperato termicamente

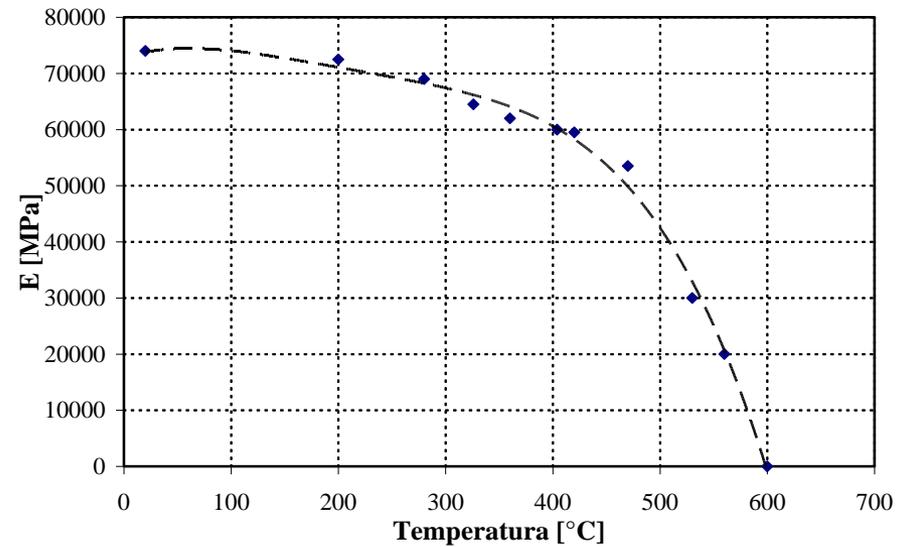
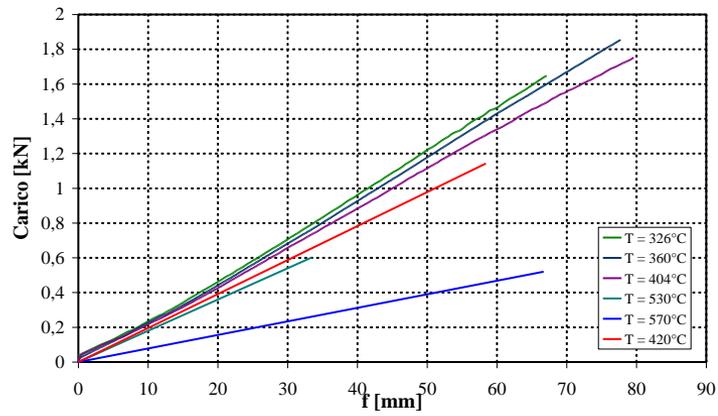
Rottura spontanea per inclusioni di solfuro di nichel



Trattamento HST : EN 14179



# PROVE A CALDO



# RACCOMANDAZIONI CNR

CNR-DT 210/2012

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Costruzioni ed Elementi Strutturali di Vetro

## EUROCODICE SUL VETRO

- ✓ Appena finanziato con grossi contributi da parte dell'industria vetraria europea
- ✓ Lavori iniziati da poco all'interno del CEN TC-250

# Vetri Resistenti al Fuoco

## La tecnologia dei vetri “EI”: il gel intumescente



La tecnologia che permette la realizzazione dei vetri in classe “EI” prevede obbligatoriamente l’utilizzo di uno speciale gel intumescente che gonfia ed opacizza con il calore mantenendo “fredda” la superficie esterna.

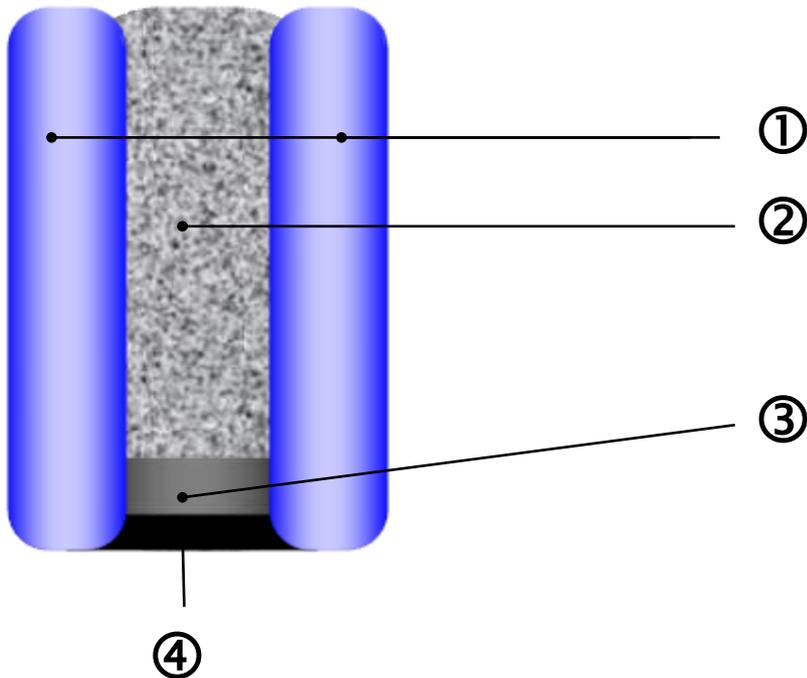
Il gel contenuto nei vetri è sensibile alle temperature esterne alla forchetta  $-10^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$  pertanto, nel caso di utilizzo per esterni, sarà necessario proteggerlo mediante l’utilizzo in vetrata isolante con un vetro basso emissivo o selettivo.

Per realizzare una compartimentazione antincendio è obbligatorio l’utilizzo di serramenti che abbiano la stessa classe di resistenza al fuoco dei vetri.

# Vetri Resistenti al Fuoco



## La tecnologia dei vetri “EI”: il gel intumescente



1. Vetro temperato di sicurezza  
 $\leq 1500 \times 3000$  mm: 5 mm  
 $\leq 1800 \times 3500$  mm: 6 mm  
 $\leq 2200 \times 3500$  mm: 8 mm
2. Alkali-silicato 6 mm
3. Distanziatore TPS6 mm
4. Sigillatura in polisolfuro

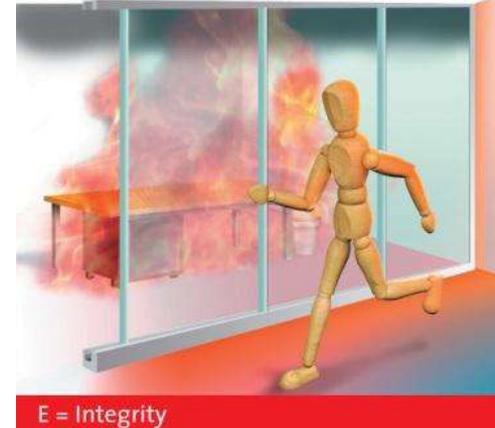
# Vetri Resistenti al Fuoco

Comportamento dei vetri "EI" (dopo 60')



# Vetri Resistenti al Fuoco

## La tecnologia dei vetri “E”

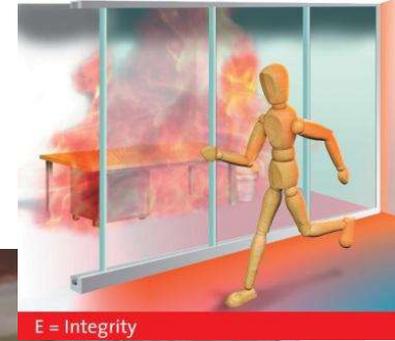


La tecnologia dei vetri in classe “E” si basa sulla modifica della miscela che compone il vetro al fine di ottenere un più alto punto di fusione ed un minore coefficiente di dilatazione lineare od alternativamente sull’utilizzo di vetri con gel.

A seconda delle dimensioni necessarie si aumenterà lo spessore o si utilizzerà ancora la tecnologia gel.

Per realizzare una compartimentazione antincendio è obbligatorio l’utilizzo di serramenti che abbiano la stessa classe di resistenza al fuoco dei vetri nel caso della classe “E” non sarà necessario che il serramento sia isolato.

# Vetri Resistenti al Fuoco: Comportamento dei vetri "E" senza gel

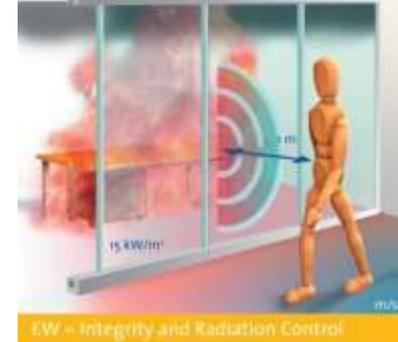


Inizio test



dopo 5' (flessione verso fuoco)

# Vetri Resistenti al Fuoco

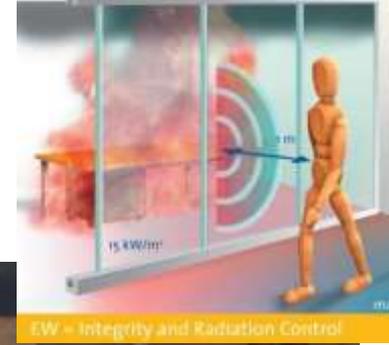


## La tecnologia dei vetri “EW”

La tecnologia dei vetri in classe “EW” si basa sulla applicazione di strati sottili riflettenti al calore ma con limitazione della direzionalità ad un solo verso di provenienza del fuoco oppure si utilizzerà ancora la tecnologia gel.

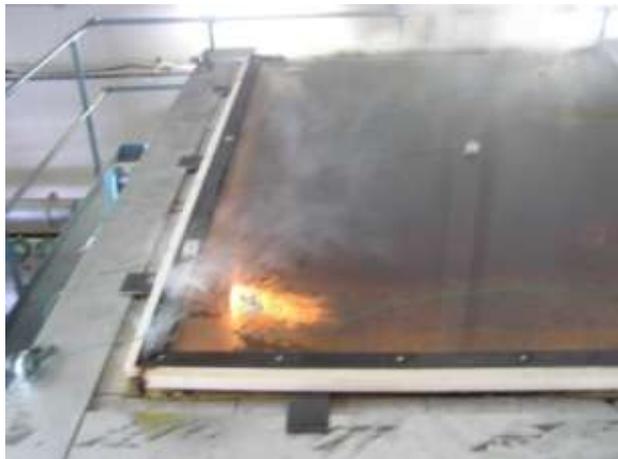
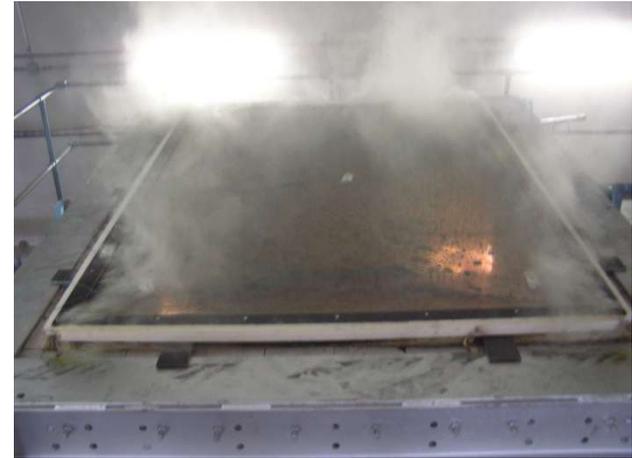
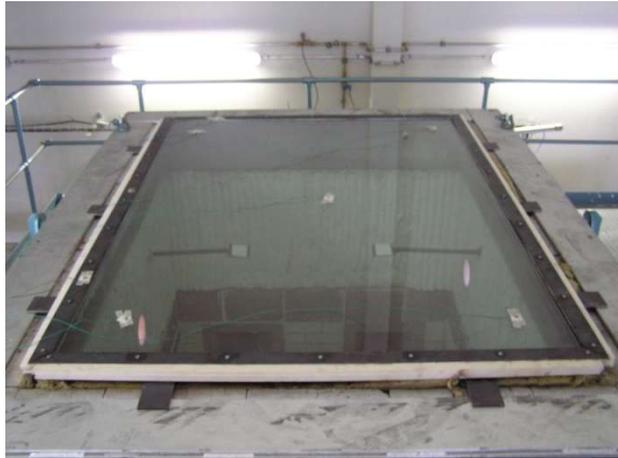
Per realizzare una compartimentazione antincendio è obbligatorio l'utilizzo di serramenti che abbiano la stessa classe di resistenza al fuoco dei vetri; nel caso della classe “EW” non sarà necessario che il serramento sia isolato.

# Vetri Resistenti al Fuoco: La tecnologia dei vetri “EW”

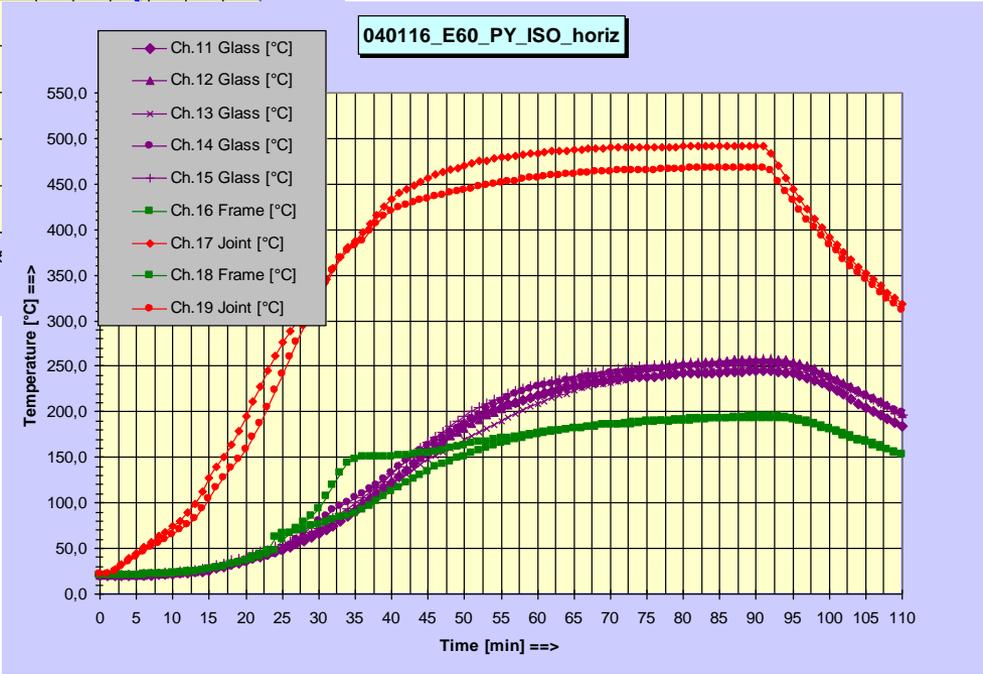
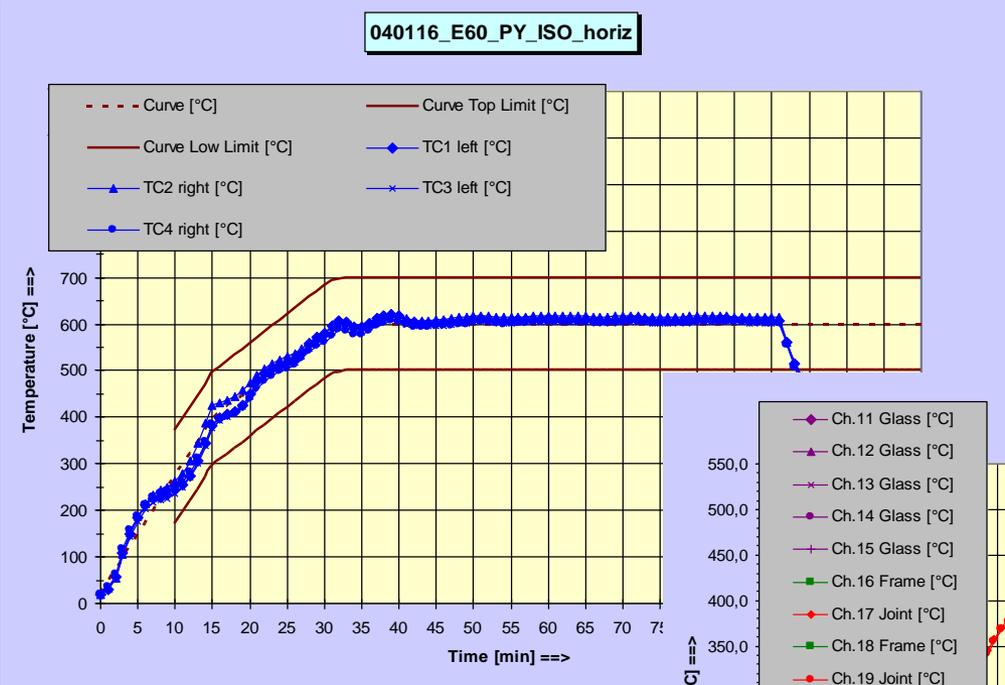


Dopo 143'

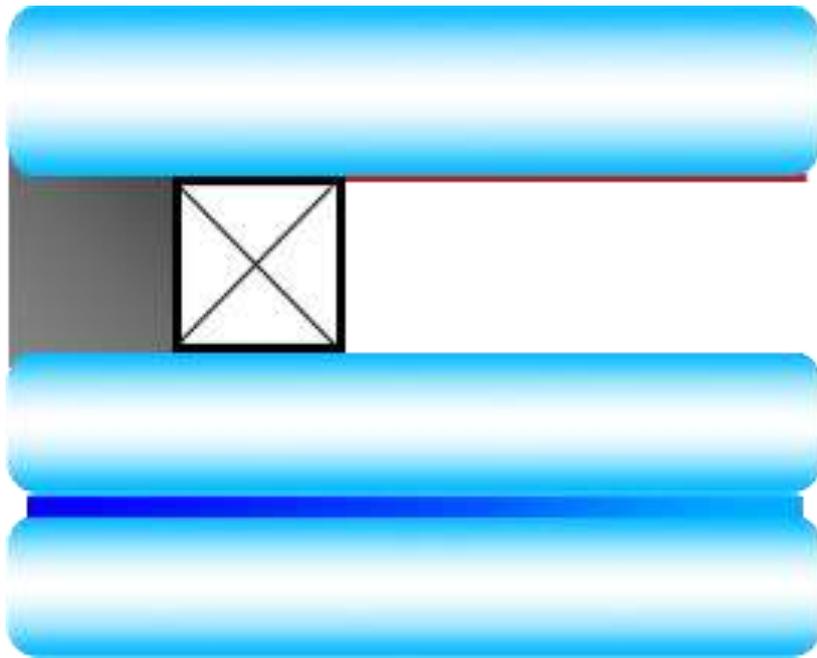
# Vetri Resistenti al Fuoco: Test con curva di incendio naturale



# MODELLO DI FUOCO E RISPOSTA TERMICA



# Vetri Resistenti al Fuoco: Test con curva di incendio naturale



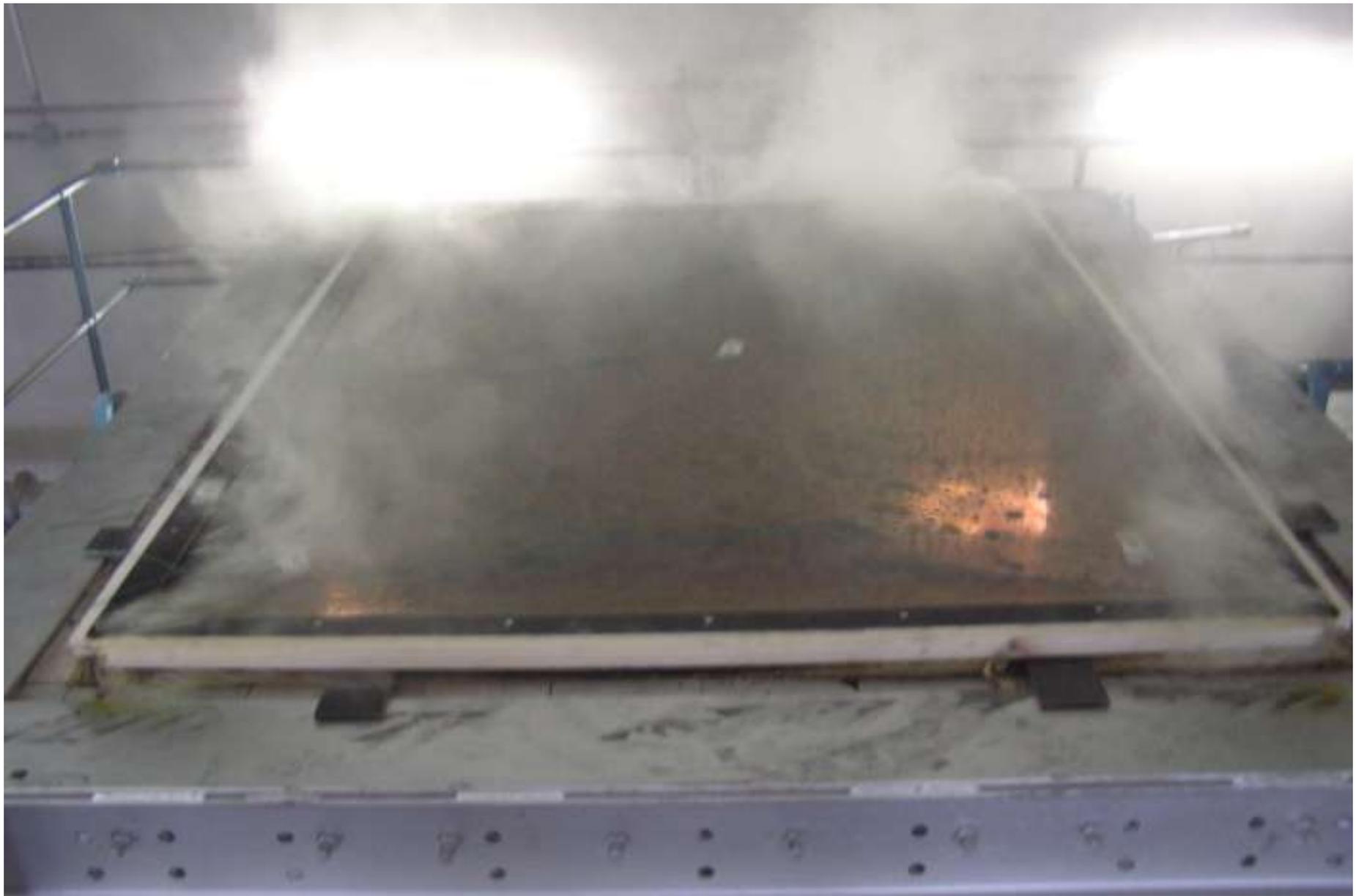
Vetro selettivo temperato HST

Vetro antifuoco temperato  
PVB

Vetro antifuoco temperato



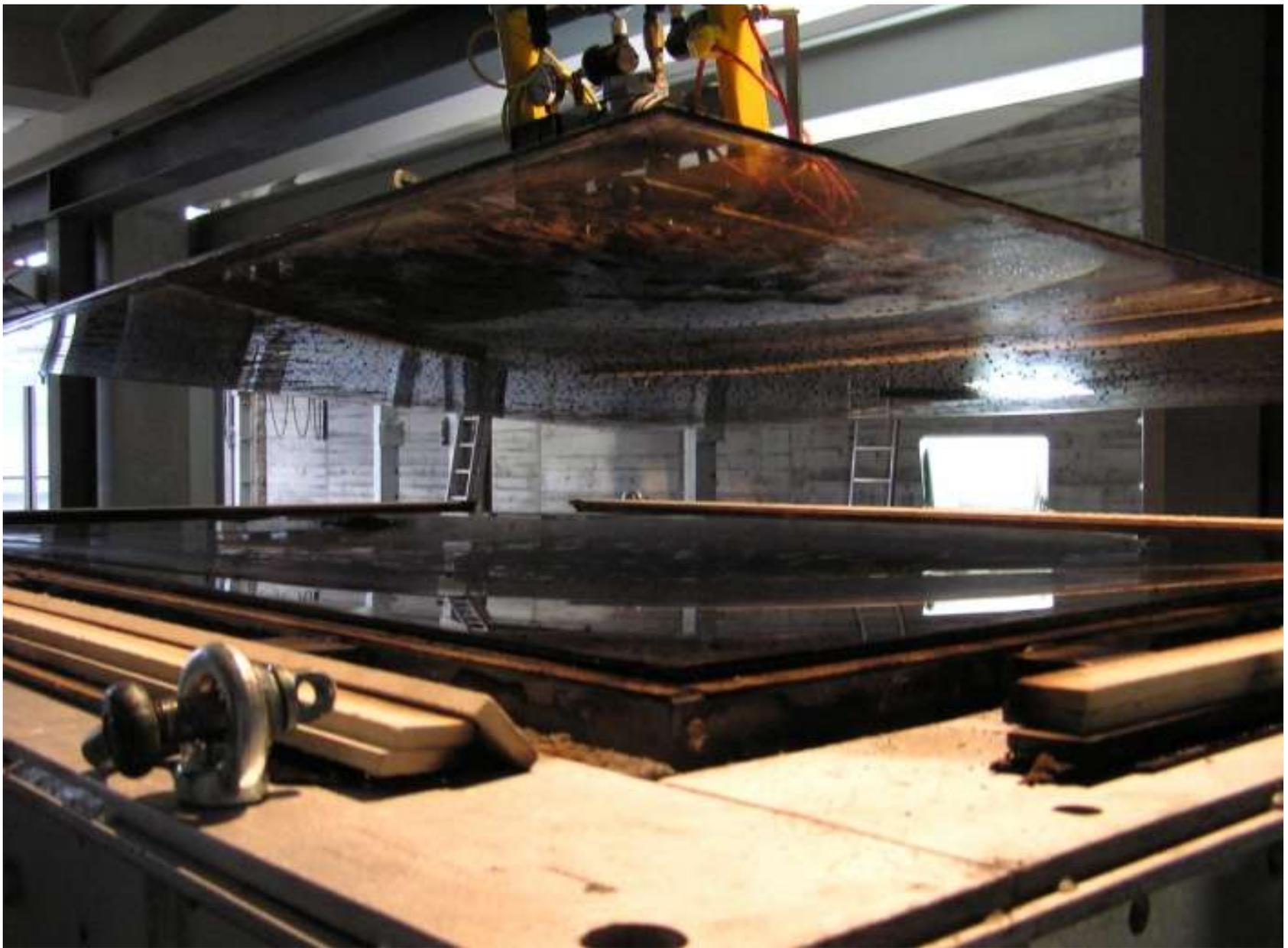
Accensione del Forno



Carbonizzazione progressiva del pvb

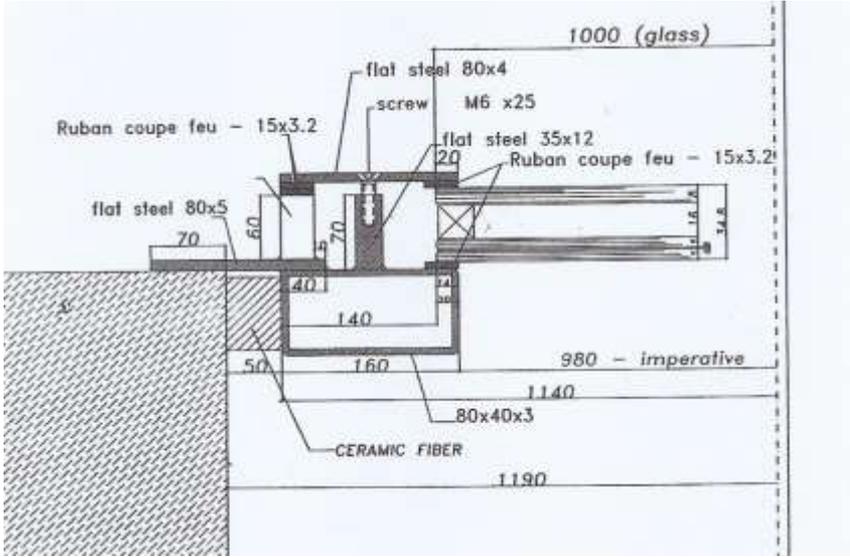


Lastra esterna della vetrata isolante  
rimossa dal Forno al termine della prova



Distacco delle due lastre componenti  
lo stratificato

# TEST CON FUOCO ISO 834



# INCENDI IN EDIFICI ALTI

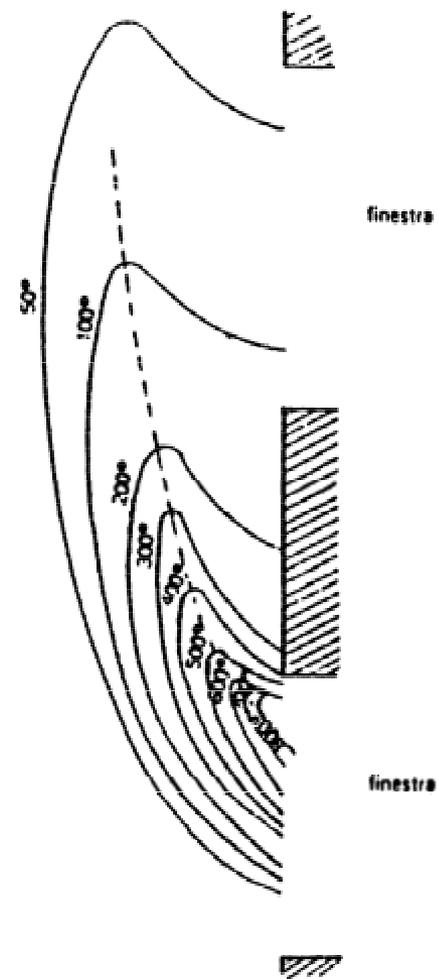
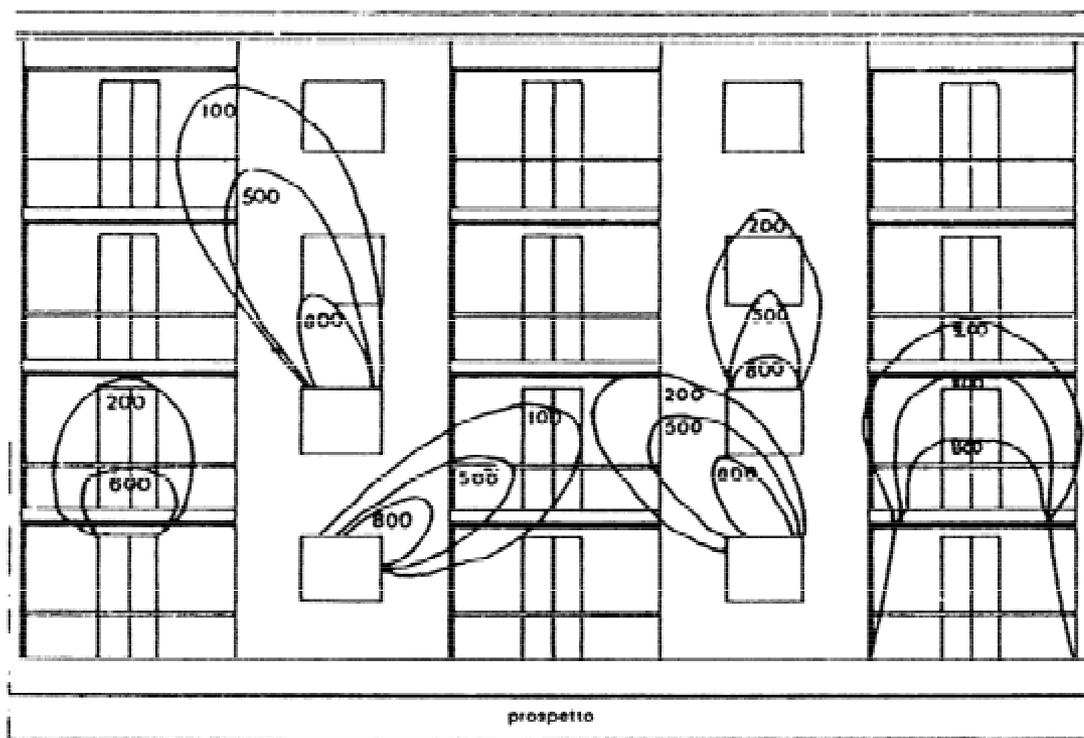


Torre Est Parque Central  
Caracas 2004



Edificio alto 56 piani con facciata in c.a. alluminio e  
vetro.

# PROPAGAZIONE DEL FUOCO IN FACCIATA



# Test di comportamento al fuoco di facciate secondo BS 8414 ROCKWOOL - GIUGNO 2013



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**