

2013



Ing. Michel PALUMBO

Ottobre, 2013 – n°6

www.glassafetyservice.it

[REPORT SUL DOCUMENTO UNI/TR 11463 PROCEDURA DI CALCOLO 2/2]

Report sul documento UNI/TR 11463 promulgato da UNI nel mese di ottobre del 2012

VERIFICHE PRINCIPALI CUI SOTTOPORRE LE VETROCAMERE PER FACCIATE CONTINUE NON PUNTUALI

Rapporto Tecnico UNI/TR 11463

“Determinazione della capacità portante di lastre di vetro piano applicate come elementi aventi funzione di tamponamento. Procedura di calcolo”.

Consente di approfondire con opportune formule e considerazioni uno degli aspetti più controversi che coinvolgono le facciate continue: le distorsioni ottiche del prodotto installato.

Le cosiddette distorsioni ottiche delle facciate continue, che in alcuni casi hanno portato a contestazioni conclusesi nelle aule di tribunale, sono dovute essenzialmente a tre aspetti distinti e non correlati tra loro:

- Distorsioni ottiche dovute a trattamenti termici;
- Deformazioni dovute al differenziale di quota tra impianto di produzione e luogo di installazione;
- Deformazioni stagionali.

Bisogna ricordare che all'interno delle vetrocamere è presente un gas (aria secca, argon, ...) che noi non percepiamo visivamente, ma che ha notevoli influenze sia nel comportamento termico che meccanico delle vetrocamere

Distorsioni dovute ai trattamenti termici

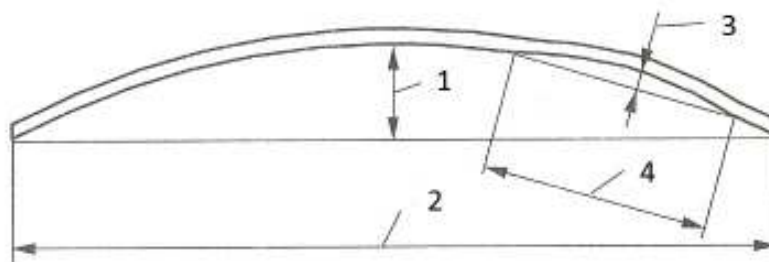
L'effetto del trattamento di tempra sul vetro oltre ad indurre fenomenologicamente un incremento della resistenza meccanica, vede come ulteriore conseguenza una inevitabile perdita di planarità. La UNI EN 12150-1, al par. 6.3.1 cita, a tal proposito: *“Per effetto della sua natura il processo di indurimento termico non può dare un prodotto piano come il vetro ricotto. ...”*

La presenza di deformazioni globali e/o localizzate è fatto noto e i limiti da rispettare sono descritti nella UNI EN 12150-1 al par. 6.3.4 con riferimento al prospetto 3.

Certo è che tali limiti, se non ridotti in fase contrattuale, sono il riferimento normativo riconosciuto.

Tempra orizzontale, vetri secondo EN 572-2, valori massimi di incurvamento secondo UNI EN 12150-1 - estratto:

<i>incurvamento globale - [mm/mm]</i>	<i>incurvamento locale - [mm/300mm]</i>
① / ② = 0,003	③ / ④ = 0,5



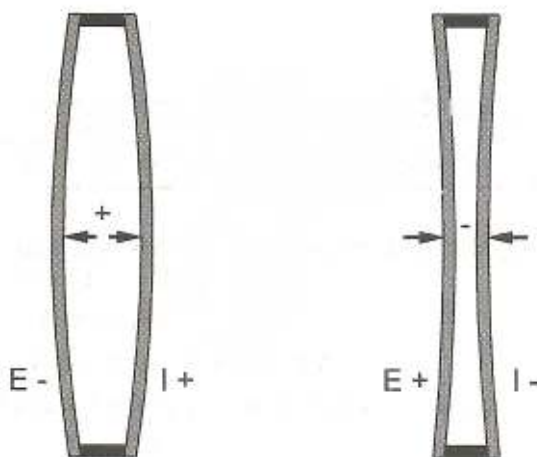
Limiti di deformazione locali e globali secondo quanto riportato dalla UNI EN 12150-1

Deformazione dovuta al differenziale di pressione

La deformazione di una vetrocamera può essere conseguenza di una sensibile differenza tra la pressione presente laddove è stata assemblata e la pressione ambiente (legata alla quota altimetrica) che caratterizza la località in cui i vetri vengono installati.

Il fenomeno che stiamo descrivendo per le vetrocamere è, dal punto di vista fisico, lo stesso che si può osservare quando a valle, dopo una passeggiata in montagna, notiamo che la bottiglia di plastica da cui ci siamo dissetati risulta parzialmente accartocciata. La pressione interna in quota è minore di quella misurabile a valle. A bassa quota la pressione esterna supera quella interna portando alla deformazione della bottiglia stessa.

Per risolvere questo inconveniente è sufficiente informare il produttore della vetrocamera che installerà opportuna valvola per garantire il riequilibrio delle pressioni una volta che il vetro sarà arrivato a destinazione.



Deformazioni indotte dalla al variare dei dati climatici tra luogo di produzione e luogo di destinazione

Deformazione dovuta al differenziale di temperatura

Il differenziale di temperatura interno - esterno / estate - inverno induce, come conseguenza fisica, una variazione di pressione all'interno della camera.

Il volume di gas confinato nell'intercapedine è soggetto a variazioni di temperatura prodotta da:

- 1) irraggiamento solare diretto;
- 2) riscaldamento del gas per conduzione come conseguenza del riscaldamento per irraggiamento solare dei vetri di tamponamento;

Oltre alla variazione di pressione interna è necessario tenere conto anche delle variazioni di pressione esterna dovute all'evolvere delle stagioni.

A seguito delle successive variazioni atmosferiche (pressione e temperatura), il volume d'aria imprigionato nella vetrata isolante:

- si dilata (abbassamento della pressione atmosferica / aumento di temperatura),
- si comprime (aumento della pressione atmosferica / abbassamento delle temperature).

Le lastre di vetro di conseguenza, nel seguire questi fenomeni fisici, dilatano o si comprimono.

Il principale effetto, senza voler trattare i casi estremi di rottura delle vetrocamere, delle deformazioni delle facciate continue risiede nella distorsione delle immagini

riflesse. Le deformazioni ottiche legate a questi fenomeni sono inevitabili, ma la loro intensità può essere controllata intervenendo sulla natura e sullo spessore dei vetri.

Per ridurre questi effetti di distorsione è necessario tenere conto che:

- tanto più scuri sono i vetri, tanto maggiore è l'assorbimento solare e, conseguentemente, l'aumento di temperatura e pressione del gas presente nella intercapedine;
- maggiori sono le dimensioni delle vetrocamere, maggiore è la freccia che la variazione di pressione può indurre sulle lastre interne ed esterne;
- maggiore è lo spessore delle lastre che formano la vetrocamera, minore è l'effetto prodotto, a parità di variazioni barometriche;
- spessori diversi della lastra interna ed esterna, possono consentire di deformare maggiormente la lastra interna e ridurre quella della lastra esterna, a tutto vantaggio della qualità ottica della facciata.



Esempio di facciata continua che presenta forti distorsioni ottiche

Limiti alle deformazioni

La UNI/TR 11463 propone come deformazioni delle vetrocamere in corrispondenza degli appoggi continui $1/200$ del lato corto (limitato a 12mm) e in corrispondenza del lato eventualmente libero $1/150$ del lato libero (limitato a 20mm). Per la deformazione in corrispondenza del baricentro richiede che le lastre esterna ed interna non vengano a contatto. Più restrittivo, in questo caso, è DTU 39 p4 – 2012 che prevede una freccia in corrispondenza del baricentro delle lastre pari a $1/60$ del lato minore.

Questi limiti sono imposti anche per salvaguardare dalla fatica ciclica (carico vento e carico termico-barometrico) le sigillature ed impedire che si degradino con conseguente perdita del potere isolante o, peggio ancora, con il rischio che insorga umidità nella camera.

Il cap. 8 individua principi e condizioni di calcolo e rappresenta il cuore pulsante del documento. Nel dettaglio il par 8.2 consente di determinare lo spessore equivalente dei vetri stratificati mentre il par. 8.3 focalizza l'attenzione sul dimensionamento delle vetrate isolanti. Uno degli aspetti cardine di quest'ultimo paragrafo consiste nel principio di ripartizione dei carichi basato sul fatto che la lastra esterna e la lastra interna, in realtà, costituiscono un tutt'uno e che il gas isolante racchiuso tra i vetri è chiamato a ripartire sulle lastre le sollecitazioni esterne ed interne.

Calcolazioni un po' complesse dal punto di vista formale, ma ben descritte per i casi più comuni, consentono di stimare in maniera dettagliata il comportamento delle

vetrocamere (con doppio e triplo vetro) in funzione dei carichi esterni quali l'azione del vento e interni quali variazioni di pressione e/o di temperatura.

Nel caso di vetrata isolante doppia con spessore equivalente (par.8.2) delle lastre h_1 e h_2 il carico esterno si ripartisce su ogni lastra (*load sharing*) in funzione dei seguenti parametri:

- rapporto di rigidezza δ fra le lastre;
- fattore per vetrata isolante ϕ che dipende dalla lunghezza effettiva del modulo in vetro isolante e da vari parametri geometrici della vetrocamera.

I rapporti di rigidezza tra le lastre sono:

- rapporto di rigidezza della lastra 1 con spessore equivalente (determinato secondo il par. 8.2) h_1 : $\delta_1 = h_1^3 / (h_1^3 + h_2^3)$;
- rapporto di rigidezza della lastra 2 con spessore equivalente (determinato secondo il par. 8.2) h_2 : $\delta_2 = h_2^3 / (h_1^3 + h_2^3) = 1 - \delta_1$

Il prospetto 12 definisce come considerare la ripartizione dei carichi esterni sulle lastre della vetrata isolante.

Il prospetto 13 definisce, invece, come considerare la ripartizione dei carichi interni dovuti alla pressione del gas isolante, sulle lastre della vetrata isolante.

I carichi interni indotti dalla pressione isocora sono ridotti dalla rigidezza delle lastre in riferimento al fattore della vetrata isolante ϕ :

	carico supportato dalla lastra 1	carico supportato dalla lastra 2
pressione p_0	$-\phi \cdot p_0$	$\phi \cdot p_0$

Dove $p_0 = p_{H;0} + p_{C;0}$ essendo $p_{H;0}$ la pressione isocora indotta dalla differenza di altitudine e $p_{C;0}$ è la pressione isocora indotta da una differenza di temperatura e/o di pressione.

Il par. 8.3.4 descrive il calcolo della vetrata isolante tripla.

E' fondamentale ricordare che il documento tecnico UNI/TR 11463 consente il dimensionamento esclusivamente di tamponamenti in vetro e non è assolutamente impiegabile per dimensionare lastre di vetro chiamate a sostenere carichi (escluso il vento) e a proteggere dalla caduta nel vuoto.

Certi di avere fornito informazioni gradite, **Glass Safety Service** porge un saluto cordiale

Glass Safety Service
Ing. Michel Palumbo