

*CNR-DT 210 - Istruzioni per la Progettazione,
l'Esecuzione ed il Controllo di Costruzioni con
Elementi Strutturali di Vetro*



PRESENTAZIONE

Lo sviluppo delle applicazioni in edilizia del vetro in elementi strutturali, ha portato un qualificato gruppo di lavoro di esperti del CNR a definire specifiche *Istruzioni* con la finalità di supportare i progettisti nelle scelte dimensionali e prestazionali degli elementi in vetro da impiegare.

Il corposo lavoro, articolato in capitoli ben definiti e specificamente finalizzati, comprende anche indicazioni relative alle fasi finali di fornitura del vetro da installare nell'edificio, durante le quali fasi avvengono le operazioni di identificazione, di qualificazione e di accettazione dell'elemento vetrario.

Le presenti Note, di commento prevalentemente alle indicazioni contenute nel Capitolo 9 delle *Istruzioni* del CNR, hanno la finalità di orientare la Vetreria nei rapporti con la committenza, fermo restando il presupposto che l'ordine di fornitura del vetro sia ben circostanziato e frutto delle valutazioni dimensionali e prestazionali che il progettista è tenuto ad effettuare in sede di progetto e di definizione del relativo capitolato.

L'impiego di elementi in vetro in applicazioni tradizionalmente riservate ad altri tipi di materiali, quali l'acciaio ed il calcestruzzo, impone anche e soprattutto nei casi di realizzazione di elementi portanti in vetro (travi, solai, coperture, pilastri, ecc.) un approccio che non può essere confinato nel perimetro delle norme di prodotto e che non può, quindi, prescindere dalla responsabilità del progettista e degli altri principali operatori del processo edilizio, quali il direttore dei lavori ed il collaudatore.

Compito della Vetreria è evidentemente quello di assicurare la fornitura del prodotto richiesto dal capitolato e con le caratteristiche intrinseche e prestazionali indicate dal progettista, circostanza che deve necessariamente presupporre una organizzazione del processo lavorativo sottoposta a procedure e controlli severi e costanti.

Assovetro ed Unicmi insieme hanno ritenuto utile predisporre le presenti Note per una più agevole lettura delle indicazioni contenute nelle Istruzioni, di interesse degli associati interessati, fornendo altresì, ove necessario, indicazioni supplementari in linea con la normativa di prodotto relativa.

Daniele Predari
Presidente Sezione Trasformatori
Vetro piano di ASSOVETRO

Libero Ravaioli
Presidente UNICMI
Per la Divisione Vetrazioni
UNICMI

CAMPO DI APPLICAZIONE DEL DT 210

- Gli elementi di vetro, in relazione alla rispettiva Classe di Conseguenza, possono essere distinti in elementi di Classe Zero, Prima, Seconda o Terza (CC0, CC1, CC2, CC3), in base alle possibili conseguenze dovute all'eventuale rottura o cedimento che si dovesse verificare a livello locale o globale
- Per definizione rientrano in Classe di Conseguenza Zero (CC0) i prodotti da costruzione specificatamente non strutturali, la cui crisi statica comporta conseguenze molto limitate, in termini economici, sociali, ambientali e di perdita di vite umane
- In Classe CC3 ricadono, di contro, gli elementi strutturali la cui crisi comporta conseguenze di livello elevato
- Il DT 210 si applica *soltanto agli elementi strutturali appartenenti alla Prima, alla Seconda e alla Terza Classe* di Conseguenza
- Per gli elementi in Classe Zero [CC0] i riferimenti normativi utili sono:
 - le norme europee armonizzate di prodotto e la norma UNI 7697 per i criteri di sicurezza (valide per tutti i prodotti indipendentemente dalla Classe di Conseguenza)
 - il rapporto tecnico UNI/TR 11463 per il dimensionamento degli spessori delle lastre con funzione di tamponamento

APPLICABILE A (*)	NON APPLICABILE A
Elementi portanti dell'edificio o di una delle sue parti: <ul style="list-style-type: none"> - travi - solai - colonne - coperture - cosciali di scale - gradini (**) - parapetti (**) - pinne a sostegno di facciate - facciate a fissaggio puntuale 	Elementi non strutturali e/o costituenti applicazioni già normate: <ul style="list-style-type: none"> - vetri usati come tamponamenti in serramenti - facciate continue (con ritegno meccanico o con Sigillante strutturale SSGS) - vetri in parapetti senza rischio di caduta nel vuoto - elementi di facciate con funzione di solo controvento

(*) La determinazione della Classe di Conseguenza è a cura del Progettista, rientrando nella sua responsabilità il dimensionamento del prodotto e la definizione delle sue caratteristiche

(**) Elementi che possono rientrare nella Classe di Conseguenza Zero sulla base delle valutazioni del Progettista

APPLICAZIONI E CLASSE DI CONSEGUENZA CC PER LO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

- Ipotesi di classificazione nelle applicazioni più comuni

N.B. La determinazione della CC è a cura del Progettista, rientrando nella sua responsabilità il dimensionamento del prodotto e la definizione delle sue caratteristiche

APPLICAZIONE	CLASSE DI CONSEGUENZA
<ul style="list-style-type: none">- Vetri usati come tamponamenti in serramenti- Facciate continue (con ritegno meccanico o SSGS)- Parapetti senza rischio di caduta nel vuoto- Elementi con funzione di solo controvento	CC0
<ul style="list-style-type: none">- Parapetti con presidio di caduta (*)- Facciate a fissaggio puntuale	CC1
<ul style="list-style-type: none">- Parapetti senza presidio di caduta (*)- Coperture accessibili per sola manutenzione- Solai e travi portanti- Cosciali di scale	CC2
<ul style="list-style-type: none">- Applicazioni particolari, a discrezione del progettista- Pilastri in strutture con possibile affollamento	CC3

(*) Il presidio di caduta è una struttura di contenimento (es. un'adeguata struttura metallica con funzione di contenimento)

PROVE SUL MATERIALE

- Le prove sui materiali (anche per applicazioni ricadenti in CC1, CC2 e CC3) sono sostanzialmente quelle previste dalle relative norme di prodotto
- Eventuali ulteriori controlli e prove, ritenute significative e che siano concretamente attuabili, sono a carico della Committenza e/o dell'Impresa

PROVE SUL PRODOTTO

- Sono a carico delle Vetriere gli oneri connessi al controllo, effettuato da ente terzo accreditato, dell'organizzazione produttiva e del processo per garantire la qualità e le prestazioni del prodotto richiesto (temprato, stratificato, indurito, ecc.)
- È a carico della Committenza e/o dell'Impresa ogni altro onere connesso a prove e verifiche che il progettista dovesse richiedere per l'applicazione specifica
- Il progettista, al momento dell'ordine, **può chiedere** al fornitore di produrre campioni in numero commisurato all'importanza dell'opera per eventuali test finali aggiuntivi
 - In mancanza di indicazioni specifiche, si dovrebbe ipotizzare 1 campione per ciclo di autoclave o di produzione per lo stratificato o 3 provini per ogni fornitura di 300 m² di vetro temprato/indurito impiegato, al fine di verificare la durabilità del pacchetto composito e la qualità del processo di tempra/indurimento.
 - Le spese relative ai controlli e alla produzione dei campioni devono essere **a carico del committente**
 - Le spese dovranno risultare nella fattura con una propria voce, al fine di poter attestare l'esecuzione effettiva delle prove

PROVE SUL SISTEMA COMPLETO

- Le prove sul sistema completo (vetro + elementi di connessione) sono a carico del produttore del sistema, comprese le eventuali prove distruttive ritenute necessarie

INQUADRAMENTO NORMATIVO

- Le *Istruzioni* stabiliscono che i materiali e i prodotti per impieghi strutturali, secondo il Cap. 11 delle NTC, sono:
 - identificati univocamente a cura del produttore
 - qualificati dal produttore secondo le procedure applicabili
 - accettati dal Direttore dei lavori mediante verifica della documentazione di qualificazione ed eventuali prove sperimentali

- La filiera di produzione e trasformazione del prodotto vetrario deve essere:
 - *identificabile*
 - *rintracciabile*

INQUADRAMENTO NORMATIVO – Norme di Prodotto

- I prodotti vetrari più diffusi nel settore delle costruzioni sono:
 - Vetri di base (rif. UNI EN 572-9)
 - Vetri rivestiti (rif. UNI EN 1096-4)
 - Vetri induriti chimicamente (rif. UNI EN 12337-2)
 - Vetri induriti termicamente (rif. UNI EN 1863-2)
 - Vetri di sicurezza temprati termicamente (rif. UNI EN 12150-2)
 - Vetri di sicurezza temprati termicamente sottoposti ad HST (rif. UNI EN 14179-2)
 - Vetri stratificati e stratificati di sicurezza (rif. UNI EN 14449)
 - Vetrate isolanti (rif. UNI EN 1279-5)

INQUADRAMENTO NORMATIVO – Requisiti di base

- I requisiti di base analizzati all'interno delle norme di prodotto sono:
 - ER2: sicurezza in caso d'incendio
 - ER4: sicurezza e accessibilità all'uso
 - ER6: risparmio energetico e ritenzione del calore
- Il requisito ER1 (resistenza meccanica e stabilità dell'opera finale) non è trattato all'interno delle norme di prodotto
 - Per i tutti i prodotti vetrari, ad eccezione degli stratificati, le norme europee armonizzate di prodotto contengono tuttavia indicazioni sui valori **caratteristici** delle proprietà meccaniche
- Per i prodotti vetrari coperti da norma armonizzata, il Direttore dei lavori è tenuto al controllo della Marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione (DoP) relative al prodotto

- Le norme di prodotto e la prEN 16613 indicano le prove per la determinazione delle caratteristiche meccaniche
 - In particolare, per il vetro stratificato, le **prove adesiometriche** (rif. prEN 16613) permettono di stimare con accuratezza la resistenza del composito vetro-polimero alle temperature di lavoro tipiche del prodotto
 - Oltre alle prestazioni delle caratteristiche imposte da disposizioni nello Stato in cui è immesso il prodotto sul mercato, la Dichiarazione di Prestazione deve contenere la prestazione richiesta dalla Commissione d'ordine, purché questa sia tra le caratteristiche essenziali elencate nella norma di prodotto di riferimento

INQUADRAMENTO NORMATIVO – Valutazione della Prestazione

- In funzione dell'applicazione finale del vetro occorre individuare il sistema di Valutazione e di Verifica della Costanza della Prestazione (VVCP)
 - Il sistema VVCP cui è soggetto il prodotto incide, a seconda delle caratteristiche di impiego del vetro:
 - sulle modalità di campionamento delle prove di tipo TT
 - sulle eventuali ispezioni e verifiche in maniera continuativa da parte di enti notificati e accreditati, ai sensi del Regolamento (UE) N. 305/2011 (CPR), riguardanti il controllo della produzione in fabbrica (FPC)
 - Vetri resistenti ai proiettili, alle esplosioni e al fuoco ricadono nel sistema VVCP 1
- Dei vetri utilizzati per impiego strutturale **deve** essere indicato il valore caratteristico di resistenza meccanica all'interno di un documento di accompagnamento della Dichiarazione di Prestazione (DoP), introdotta dal Regolamento (UE) N. 305/2011
- Ferma restando la resistenza caratteristica a trazione per flessione del vetro float ($f_{g;k}=45$ MPa), nonché quella dei prodotti trasformati termicamente dichiarata dagli esecutori della seconde lavorazioni, il progettista dovrà procedere al dimensionamento dell'elemento vetrario in funzione del carico strutturale che quell'elemento deve sopportare

PROPRIETÀ MECCANICHE DEL VETRO – Riferimenti normativi

- Per misurare la resistenza caratteristica a trazione per flessione, esistono le seguenti prove, definite dalla norma UNI EN 1288, parti 2,3,5:
 - prova con doppi anelli concentrici su grandi superfici
 - prova con provino supportato in due punti
 - prova con doppi anelli concentrici su piccole superfici

PROPRIETÀ MECCANICHE DEL VETRO

- Il produttore del vetro di base dovrà confermare, attraverso le procedure di qualificazione (proxy test), una resistenza caratteristica $f_{g;k} \geq$ di 45 MPa
- Gli esecutori delle seconde lavorazioni di tempera ed indurimento, attraverso la procedura di qualificazione, sono tenuti ad accertare le prestazioni meccaniche indicate nella Tabella 7.7 delle *Istruzioni*
- I valori della resistenza meccanica forniti dalle norme di prodotto europee sono **affidabili** (float 45 MPa, indurito termico 70 MPa, indurito chimico 150 MPa, temprato termico 120 MPa). Per questo non è necessaria l'interpretazione con distribuzione statistica dei valori di resistenza
- Variazioni della caratteristica a flessione $f_{b;k}$ del vetro a seguito di un trattamento di rafforzamento [MPa]

Tipo di vetro	Vetro temperato termicamente (UNI EN 12150), vetro temperato termicamente e sottoposto a HST (UNI EN 14179)	Vetro indurito termicamente (UNI EN 1863)	Vetro indurito chimicamente (*) (UNI EN 12337)
Vetro float (anche se coatizzato)	120	70	150
Vetro stampato e Vetro tirato (*)	90	55	100
Vetro smaltato	75	45	/

(*) L'utilizzo di vetri tirati o induriti chimicamente deve essere attentamente valutato in relazione alle condizioni applicative

CARATTERIZZAZIONE DEI VETRI TRATTATI TERMICAMENTE E CHIMICAMENTE

- Per garantire l'affidabilità del prodotto, si ritengono utili:
 - un attento controllo nel processo di trattamento termico o chimico (tempra o indurimento), che deve essere certificato (certificazione rilasciata da un organismo indipendente accreditato per la certificazione di prodotto nel settore vetro per costruzioni che utilizzi laboratori di prova accreditati – ad esempio, del circuito European Cooperation for Accreditation)
 - prove in laboratorio di tipo (TT) e in sede di controllo della produzione di fabbrica (FPC) di:
 - resistenza meccanica a flessione (TT)
 - frammentazione (TT e FPC)
 - misura della compressione superficiale (TT e FPC)
- Per tutte le applicazioni si ritengono utili:
 - la verifica del possesso dei requisiti richiesti dalla Commissione d'ordine
 - l'attuazione delle procedure di controllo del processo
- Per i vetri induriti chimicamente, si ritengono utili:
 - la resistenza meccanica a flessione (TT)
 - la misura della compressione e del profilo di Potassio (K) (TT e FPC)
- N.B. La tracciabilità del trattamento HST deve essere garantita, inoltre possono essere richieste specifiche frequenze di calibrazione del forno per HST.

CARATTERIZZAZIONE STRATIFICATO

- Per garantire l'affidabilità del prodotto, si ritengono utili:
 - un attento controllo nel processo di assemblaggio (stratifica), che deve essere certificato (certificazione rilasciata da un organismo indipendente accreditato per la certificazione di prodotto nel settore vetro per costruzioni che utilizzi laboratori di prova accreditati – ad esempio, del circuito European Cooperation for Accreditation)
 - prove in laboratorio di tipo (TT) e in sede di controllo della produzione di fabbrica (FPC) di:
 - alta temperatura (TT e FPC)
 - resistenza ad umidità (TT e FPC)
 - tenacità, come da Appendice C di UNI EN 14449 (FPC)

- Per tutte le applicazioni si ritengono utili:
 - la verifica del possesso dei requisiti richiesti dalla Commissione d'ordine
 - l'attuazione delle procedure di controllo del processo

- Prove di flessione per determinare lo spessore equivalente potrebbero essere consigliate:
 - ove non siano disponibili le caratterizzazioni degli intercalari secondo la prEN 16613, e ciò in considerazione:
 - delle notevoli difficoltà di esecuzione,
 - del modesto valore aggiunto delle prove stesse in presenza dei dati sugli intercalari,
 - della enorme variabilità delle composizioni in funzione degli spessori e degli accoppiamenti
 - a discrezione del progettista per casi particolari legati:
 - all'importanza dell'opera
 - alla vita di progetto della struttura
 - alla gravità delle possibili conseguenze di sollecitazioni critiche

ULTERIORI CONTROLLI IN CANTIERE

- Il Direttore dei Lavori, in base all'importanza e all'entità dell'applicazione, **può richiedere** l'esecuzione di prove sperimentali apposite, secondo le metodologie di norma, *per valutare la qualità dei materiali e verificare la corrispondenza dei risultati con i valori forniti dal produttore*
- Gli oneri relativi a tali prove, se non in altro modo esplicitati secondo la legislazione vigente, sono da intendersi a carico del committente dell'opera.
- La necessità di tali ulteriori verifiche va indicata a priori, dovendosi predisporre i campioni in sede di produzione dei materiali per l'opera.

IDENTIFICAZIONE DEL MATERIALE

- Il materiale è identificato tramite un documento che deve contenere i seguenti dati:
 - principali proprietà meccaniche
 - nome commerciale e norme di prodotto applicabili
 - tipo di vetro, tecnologia di produzione, tipologia di trattamento post-produzione, eventuale tipo di intercalare
 - Marcatura CE e altre marchiature
 - caratterizzazione geometrico- fisica, tolleranze dimensionali
 - condizioni di stoccaggio e precauzioni d'uso e di sicurezza
- Tale adempimento è ampiamente soddisfatto dalla Dichiarazione di Prestazione (Regolamento N. 305/2011), dal fascicolo tecnico delle norme di prodotto pertinenti e dal manuale di installazione.

COMPITI E RESPONSABILITÀ

- Tutti gli operatori sono responsabili del prodotto che forniscono e delle prestazioni che dichiarano
- Compiti dei produttori, dei trasformatori e dei fornitori:
 - attuare un programma di controllo costante della qualità:
 - per la produzione dei materiali di base
 - per le seconde lavorazioni, al fine di confermare le caratteristiche meccaniche del prodotto finito e la relativa durabilità
 - curare apposita documentazione per fornire evidenza delle prove e delle verifiche:
 - sul processo
 - sul prodotto, per applicazioni particolari e elementi seriali
 - garantire la rintracciabilità del prodotto

COMPITI E RESPONSABILITÀ - 2

- Compiti del Progettista:
 - indicare nel progetto qualità, caratteristiche e requisiti minimi di accettazione del prodotto
 - specificare i criteri di accettazione del materiale e le modalità di applicazione
 - indicare, in base all'importanza e all'entità dell'applicazione, l'esecuzione di eventuali prove, che devono essere esplicitate nella richiesta dell'offerta
 - prescrivere, oltre alle caratteristiche meccaniche e fisiche dei singoli componenti, anche le caratteristiche meccaniche del sistema completo (vetri + sistemi di connessione)

PROCEDURE DI ATTESTAZIONE – Sistemi completi e Kit

- Ulteriori responsabilità per produttori e fornitori che propongono sistemi completi di vetri con sistemi di connessione e fissaggio:
 - fornire le caratteristiche meccaniche e fisiche:
 - dei singoli componenti del sistema
 - del sistema completo
 - supportare i valori forniti con:
 - validazioni sperimentali in laboratorio o in situ
 - rapporti di prova

N.B. All'interno del testo DT 210 non si chiarisce come effettuare la prova sui sistemi completi (es. il parapetto)

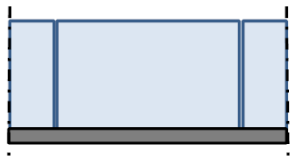

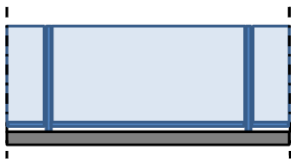
PROCEDURE INTERNE DA ADOTTARE

- Si ritiene necessario che le Aziende vetrarie che producono elementi con impiego strutturale, oltre alla Marcatura CE per il prodotto:
 - siano dotate di una certificazione di prodotto che dimostri che il processo sia tenuto sotto controllo, certificazione rilasciata da un organismo indipendente, accreditato nel settore vetro per costruzioni, che utilizzi laboratori di prova accreditati – ad esempio, nel circuito European Cooperation for Accreditation
 - si sottopongano a ispezioni periodiche a cura di ente terzo
 - forniscano le caratteristiche meccaniche dei lotti immessi sul mercato, con riferimento alle:
 - grandi lastre
 - seconde lavorazioni
 - caratteristiche dell'intercalare

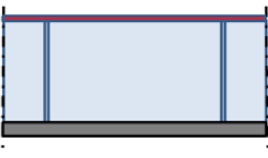
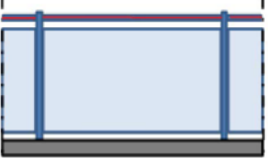

TIPOLOGIE DI PARAPETTI

- Gruppo 1: senza corrimano di ripartizione; il vetro assolve tutte le funzioni, sia la protezione contro la caduta sia la resistenza al carico orizzontale di progetto (carico di folla); assenza di elemento di prevenzione alla caduta nel vuoto nel caso di collasso
- Gruppo 2: elementi fissati su uno o più lati, con corrimano continuo vincolato alle lastre; il corrimano ripartisce il carico orizzontale di progetto, anche in caso di collasso di una delle lastre
- Gruppo 3: elementi aventi corrimano con propria struttura portante

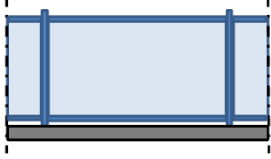


Gruppo 1

Rappresentazione grafica	Tipologia di protezione anti-caduta
	1.1 Vincolata su un solo lato, senza corrimano.
	1.2 Vincolata su due lati, senza corrimano.
	1.3 Vincolata su tre lati, senza corrimano.

Gruppo 2

Rappresentazione grafica	Tipologia di protezione anti-caduta
	2.1 Vincolato su un lato, con corrimano di ripartizione dei carichi tra lastre contigue.
	2.2 Vincolata su due lati, con corrimano di ripartizione dei carichi tra lastre contigue. (*)
	2.3 Vincolata su tre lati, con corrimano di ripartizione dei carichi tra lastre contigue.

Gruppo 3

Rappresentazione grafica	Tipologia di protezione anti-caduta
	3.1 Vincolata su 4 lati con corrimano portante.
	3.2 Vincolata sui 2 lati corti, con corrimano portante. Nota: lato corto ≤ 1 m; lato lungo > 1 m. Qualora lato lungo ≤ 1 m si ricade nel caso 3.3.
	3.3 Vincolata sui 2 lati lunghi, con corrimano portante. Nota: lato corto ≤ 1.10 m; lato lungo > 1.10 m

ESEMPI DI UTILIZZO % DELLA RESISTENZA DEL VETRO IN BASE ALLA CLASSE DI CONSEGUENZA CC

➤ La Classe di Conseguenza influisce:

a) sul valore finale della resistenza $f_{b;k}$ di progetto del vetro

APPLICAZIONE (caso PARAPETTI)	CLASSE DI CONSEGUENZA	UTILIZZO % DELLA RESISTENZA (SLU)
- Parapetti del Gruppo 3 con vetri completamente intelaiati, il cui collasso non comporta rischi di cadute nel vuoto	CC0	100.0 % (secondo prEN 16612)
- Parapetti dei Gruppi 1 e 2 con presidio di caduta	CC1	94.3%
- Parapetti dei Gruppi 1 e 2 senza presidio di caduta	CC2	75.5%
- Parapetti per applicazioni particolari, a discrezione del progettista	CC3	In relazione alle determinazioni progettuali

b) sull'eventuale necessità di effettuare la verifica allo Stato Limite di Collasso (SLC), considerando la rottura di una lastra



Unione Nazionale delle Industrie
delle Costruzioni Metalliche
dell'Involucro e dei serramenti

Sede

Via Barberini, 67
00187 Roma
Tel. 06 4871130 (r.a.)
Fax 06 42011162
e-mail: assovetro@assovetro.it
www.assovetro.it

Ufficio di Milano

Piazzale Giovanni dalle Bande Nere, 9
20146 Milano

Sede

Via Chieti, 8
20154 Milano
Tel. 02 3192061 (r.a.)
Fax 02 31920632
e-mail: uncsaal@uncsaal.it
unicmi@unicmi.it
www.uncsaal.it
www.acaiacs.it
www.unicmi.it