

http://www.cpius-garage.com\

Nederlandse norm

NEN 2608

(nl)

Vlakglas voor gebouwen - Eisen en
bepalingsmethode

Glass in building - Requirements and
determination method

Vervangt NEN 2608:2011+C1:2012;
NEN 2608:2013 Ontw.;
NEN 2608:2011/C1:2012

ICS 81.040.20
oktober 2014

μττb:\www.cpiug-ansndes.com\

Normcommissie 353005 "Vlakglas"



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

DEZE PUBLICATIE IS AUTEURSRECHTELIJK BESCHERMD

Apart from exceptions provided by the law, nothing from this publication may be duplicated and/or published by means of photocopy, microfilm, storage in computer files or otherwise, which also applies to full or partial processing, without the written consent of the Netherlands Standardization Institute.

The Netherlands Standardization Institute shall, with the exclusion of any other beneficiary, collect payments owed by third parties for duplication and/or act in and out of law, where this authority is not transferred or falls by right to the Reproduction Rights Foundation.

Auteursrecht voorbehouden. Behoudens uitzondering door de wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van het Nederlands Normalisatie-instituut niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van fotokopie, microfilm, opslag in computerbestanden of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op gehele of gedeeltelijke bewerking.

Het Nederlands Normalisatie-instituut is met uitsluiting van ieder ander gerechtigd de door derden verschuldigde vergoedingen voor verveelvoudiging te innen en/of daartoe in en buiten rechte op te treden, voor zover deze bevoegdheid niet is overgedragen c.q. rechtens toekomt aan de Stichting Reprorecht.

Although the utmost care has been taken with this publication, errors and omissions cannot be entirely excluded. The Netherlands Standardization Institute and/or the members of the committees therefore accept no liability, not even for direct or indirect damage, occurring due to or in relation with the application of publications issued by the Netherlands Standardization Institute.

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het Nederlands Normalisatie-instituut en/of de leden van de commissies aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door het Nederlands Normalisatie-instituut gepubliceerde uitgaven.

NEN

©2014 Nederlands Normalisatie-instituut
Postbus 5059, 2600 GB Delft
Telefoon (015) 2 690 390, Fax (015) 2 690 190

Inhoud

Voorwoord	2
1 Onderwerp en toepassingsgebied	3
2 Normatieve verwijzingen	3
3 Termen en definities	4
4 Symbolen	6
5 Grondslagen van het ontwerp	9
5.1 Fundamentele eisen en bepalingsmethoden.....	9
5.2 Voorwaarden.....	11
5.3 Materiaaleigenschappen	11
5.4 Nadere rekenregels ter beoordeling van de uiterste grenstoestand	12
5.5 Beschadigd constructief element	13
6 Isochore druk	13
6.1 Algemeen	13
6.2 Isochore druk door klimatologische omstandigheden.....	13
6.3 Isochore druk door hoogteverschillen	15
7 Rekenwaarde van de glasdikte enkel glas of glasplaat <i>i</i>	16
8 Toetsing uiterste grenstoestand	16
8.1 Respons van de constructie.....	16
8.2 Toetsing.....	16
8.3 Bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte	17
9 Toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand	21
9.1 Doorbuiging zijden bij isolatieglas	21
9.2 Doorbuiging zijden bij enkel glas en gelaagd glas	22
9.3 Doorbuiging in het midden van de ruit	22
Bijlage A (normatief) Belastingsduur	23
Bijlage B (informatief) Belastingsverdeling over glasbladen van isolerend dubbelglas	24
Bijlage C (informatief) Koppelingsfactor gelaagd glas	28
Bijlage D (normatief) Risicoanalyse	37
Bijlage E (informatief) Nominale glasdikte minus maximale tolerantie	40
Bijlage F (informatief) Equivalente glasdikte	41
Bijlage G (informatief) Modificatiefactor gelaagd glas	45
Bijlage H (normatief) Betrouwbaarheidsdifferentiatie	46
Bijlage I (informatief) Indeling in gevolgklasse	48
Bijlage J (informatief) Restdraagvermogen bij eenzijdig laterale breuk	49
Bibliografie	50

Voorwoord

Met NEN 2608-1 en NEN 2608-2 zijn de eerste stappen gezet naar berekeningsmethoden voor vlakglas. NEN 2608-1 heeft als toepassingsgebied verticaal, niet-thermisch behandeld, niet-gelaagd glas op wind belast.

Het tweede deel uit de reeks omschrijft de berekeningsmethoden voor glasoppervlakken die niet verticaal zijn geplaatst en die niet begaanbaar zijn. Deze norm geeft rekenwaarden voor toelaatbare trekspanningen van thermisch behandeld en gelaagd glas. De norm is alleen van toepassing op gelijkmatig verdeeld belast glas. Een model voor de tijdafhankelijkheid van de sterkte van glas is aanwezig.

Deze normen sluiten weer op de TGB 1990-reeks aan. Het wordt niet toegepast in samenhang met de normen uit de TGB 1990-reeks. NEN 6702 uit de TGB-reeks voorziet niet in kwantificering van de isochore druk als veranderlijke belasting, omdat dit een productspecifieke belasting is. Voor het veilig ontwerpen van constructief glas moet de belasting ten gevolge van isochore druk bij isolerend dubbelglas in rekening zijn gebracht. De berekening van isochore druk wordt beschreven in NEN 2608-2.

NEN 2608-1 en NEN 2608-2 zijn vervangen door NEN 2608:2011, die aansluit op de Eurocodereeks en als basis NEN-EN 1990 heeft. De gegeven rekenwaarden van sterkte-eigenschappen en de eisen aan de manier van falen zijn in overeenstemming met de eisen aan betrouwbaarheid van constructies volgens NEN-EN 1990¹⁾.

NEN 2608:2014 is een herziening van NEN 2608+C1:2012.

Deze norm kan worden toegepast op toetsingen van toepassingen met glas belast op statische belastingen en valbelastingen volgens de NEN-EN 1991-reeks.

Per 1 april 2010 worden de normen uit de TGB-reeks niet meer onderhouden met als reden dat de normen uit de NEN-EN 1990-reeks (Eurocodes) leidend worden en vanuit de herziene publiekrechtelijke bouwregelgeving zullen gaan worden aangestuurd. Dit was o.a. aanleiding om de NEN 2608-reeks te herzien en af te stemmen op de Eurocodes.

Deze norm is opgesteld door werkgroep 353 005 00 05 "Constructief glas" en goedgekeurd door normcommissie 353 005 "Vlakglas" en normcommissie 351 001 "Technische Grondslagen voor Bouwconstructies".

1) 'NEN-EN 1990' staat hier en in de rest van de norm voor NEN-EN 1990+A1+A1/C2.

Vlakglas voor gebouwen – Eisen en bepalingsmethode

1 Onderwerp en toepassingsgebied

(1) Deze norm geeft de eisen en bepalingsmethode van het draagvermogen en de vervormingen van overwegend statisch belast natronkalkvlakglas dat bestaat uit enkel glas, gelaagd glas of isolatieglas.

OPMERKING 1 De norm is opgesteld in lijn met de basisveiligheidsfilosofie die is neergelegd in NEN-EN 1990.

(2) Deze norm is niet bedoeld om te zijn toegepast op glas dat wordt toegepast in constructies die moeten zijn beoordeeld op het overschrijden van een uiteenlopende reeks oorzaken, waarbij de gevolgen van dat overschrijden niet in verhouding staan tot de oorzaak.

OPMERKING 2 Constructies van glas kunnen met onderhavige norm niet worden gecontroleerd op bijzondere belastingen met uitzondering van de stootbelasting op daken en balustraden.

OPMERKING 3 Glas in bijvoorbeeld daken, wanden, vloeren en traptreden behoort wel bestand zijn tegen stootbelastingen als gevolg van vallende personen.

(3) Deze norm is niet bedoeld om te zijn toegepast op glas toegepast in tuinbouwkassen.

(4) NEN 2608 is bedoeld voor gebruik in combinatie met:

— NEN-EN 1990 *Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp*;

— NEN-EN 1991:reeks, *Eurocode 1 – Belastingen op constructies*.

2 Normatieve verwijzingen

De volgende documenten waarnaar is verwezen zijn onmisbaar voor de toepassing van dit document. Bij gedateerde verwijzingen is alleen de aangehaalde versie van toepassing. Bij ongedateerde verwijzingen is de laatste versie van het document (met inbegrip van wijzigings- en correctiebladen) waarnaar is verwezen van toepassing.

Daar waar is verwezen naar een norm uit de NEN-EN 1990-reeks is bedoeld de norm met de eventuele bijbehorende nationale bijlage.

NEN 8700	<i>Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen</i>
NEN-EN 572-1	<i>Glas voor gebouwen – Basisproducten van natronkalkglas – Deel 1: Definities en algemene fysische en mechanische eigenschappen</i>
NEN-EN 1863-1:2011	<i>Glas voor gebouwen – Thermisch versterkt natronkalkglas – Deel 1: Definitie en beschrijving</i>
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011 ²⁾	<i>Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp</i>
NEN-EN 1991-1:reeks	<i>Eurocode 1: Belastingen op constructies</i>
NEN-EN 1991-1-1+C1	<i>Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen</i>

2) In de rest van de norm verkort weergegeven als "NEN-EN 1990".

NEN-EN 1991-1-7+C1

*Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7:
Algemene belastingen – Buitengewone belastingen:
stootbelastingen en ontploffingen*

NEN-EN 12150-1:2000

*Glas voor gebouwen – Thermisch gehard natronkalk-
veiligheidsglas – Deel 1: Definitie en beschrijving*

NEN-EN 14179-1

*Glas voor gebouwen – Thermisch gehard natronkalk-
veiligheidsglas – Deel 1: Definitie en beschrijving*

3 Termen en definities

<http://www.crius-groep.com>

Voor de toepassing van deze norm gelden naast de termen en definities voor belastingen en relevante factoren uit NEN-EN 1990 de volgende termen en definities.

3.1

enkel glas

glasblad bestaande uit 1 glasplaat

3.2

gelaagd glas

glasblad bestaande uit twee of meer glasplaten, onderling verbonden door een of meer tussenlagen

OPMERKING Gelaagd glas wordt beschreven in NEN-EN-ISO 12543-1, NEN-EN-ISO 12543-2 en NEN-EN-ISO 12543-3.

3.3

glasblad

glasvlak van enkel glas of gelaagd glas als onderdeel van isolatieglas

3.4

glasplaat

glasvlak van homogeen glas

3.5

isochore druk

resulterende druk uitgedrukt in het drukverschil tussen de absolute druk in een glasspouw en de absolute druk buiten de glasspouw

OPMERKING 1 Voor isolatieglas met hermetisch gesloten spouw(en) is het drukverschil in een spouw en daarbuiten afhankelijk van:

- het verschil in temperatuur in de spouw tijdens fabricage en in de uiteindelijke toepassing;
- het verschil in meteorologische druk tussen het moment van fabricage en na plaatsing;
- de vervorming van de glasbladen door externe belastingen.

OPMERKING 2 In Nederland zijn hoogteverschillen gering. Deze hoeven dan ook niet nader te zijn beschouwd, mits het hoogteverschil tussen locatie van fabricage en locatie van toepassing kleiner is dan 150 m.

3.6

isolatieglas

vlakglas bestaande uit twee of meer glasbladen met een spouw daartussen

OPMERKING Voorbeelden van isolatieglas zijn isolerend dubbelglas en driebladig isolatieglas.

3.7

isolerend dubbelglas

vlakglas bestaande uit twee glasbladen met een spouw daartussen

3.8

koppelingsfactor

coëfficiënt die de mate van samenwerking tussen glasplaten in gelaagd glas aangeeft

3.9

openbaar gebouw

gebouw dat voor iedereen toegankelijk is, al dan niet tegen betaling

3.10

tussenlaag

laag tussen glasplaten van gelaagd glas om spanningen over te brengen

http://www.cpius-groep.com

3.11

verticaal geplaatst vlakglas

vlakglas geplaatst onder een hoek met de horizontaal groter dan of gelijk aan 80° en kleiner dan of gelijk aan 100°

3.12

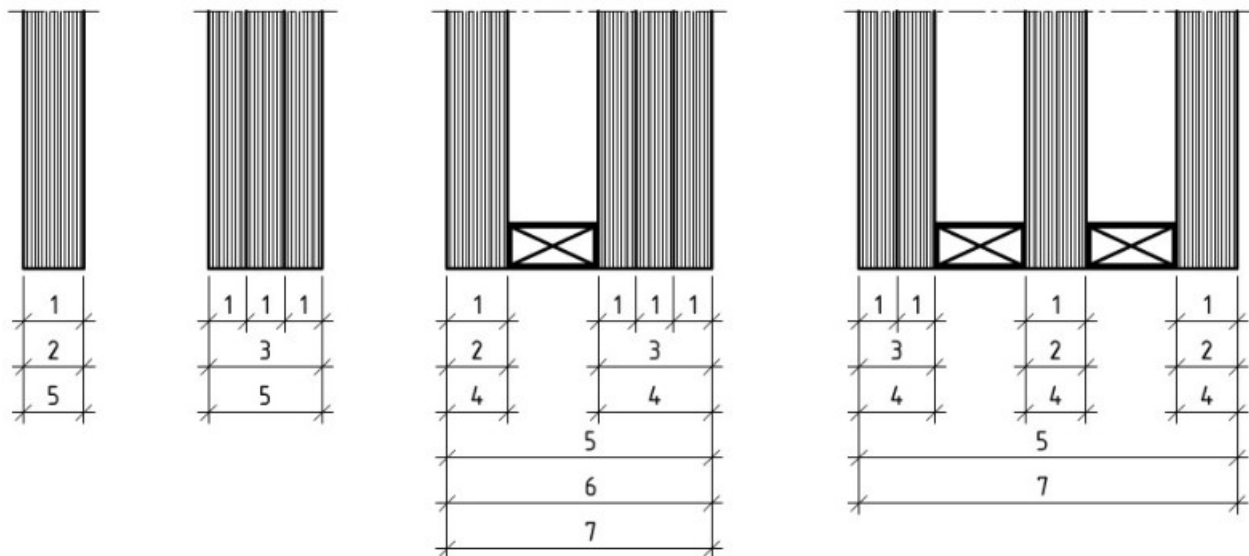
vlakglas

ruit

enkel glas, gelaagd glas of isolatieglas met glasvlakken die parallel, nagenoeg parallel of gemiddeld parallel zijn

OPMERKING 1 Het principe van de opbouw van een ruit is weergegeven in figuur 1.

OPMERKING 2 Onder nagenoeg parallelle glasvlakken vallen enkel glas, gelaagd glas en isolatieglas met een dikteverloop binnen de toleranties zoals vermeld in de relevante technische productspecificaties. Gemiddeld parallel geldt voor figuurglas waarbij één of beide zijden een patroon of reliëf hebben.



Legenda

- 1 glasplaat
- 2 enkel glas
- 3 gelaagd glas
- 4 glasblad
- 5 ruit
- 6 isolerend dubbelglas
- 7 isolatieglas

Figuur 1 — Samenstelling van een ruit – Principes van de opbouw

3.13

voorgespannen glas

glas dat een thermische behandeling heeft ondergaan waardoor het oppervlak onder drukspanning staat

OPMERKING Voorbeelden van voorgespannen glas zijn thermisch gehard veiligheidsglas, thermisch versterkt of halfgehard glas. Ongehard glas is geen voorgespannen glas.

4 Symbolen

In de onderhavige norm zijn de hierna gegeven symbolen en namen van grootheden gehanteerd. Tevens zijn de symbolen van de eenheden vermeld waarin de desbetreffende grootheden moeten worden uitgedrukt.

<http://www.cpius-grades.com>

Symbolen		
Symbool	Naam	Eenheid
A	oppervlakte van de belasting	mm^2
a	lengte van de kortste zijde van de rechthoekige ruit	mm
a'	voor de spouw karakteristieke lengte van de rechthoekige ruit	mm
B	breedte van de ruit	mm
B_1	lengte van het lastvlak parallel aan zijde B	mm
BS	mate van blootstelling aan het risico op schade	–
b	lengte van de langste zijde van de rechthoekige ruit	mm
C_1	constante 1 van de tussenlaag	$\text{W/m}^2\text{K/mm}$
C_2	constante 2 van de tussenlaag	$\text{W/m}^2\text{K}$
C_c	factor voor het verhogen van de isochore druk door temperatuurverschillen	$\text{kN/m}^2\text{K}$
C_H	factor voor het verhogen van de isochore druk door hoogteverschillen	$\text{kN/m}^2/\text{m}$
c	corrosieconstante	–
E_g	elasticiteitsmodulus van glas	N/mm^2
E_{PVB}	elasticiteitsmodulus van standaard PVB-folie (polyvinylbutyralfolie)	N/mm^2
ES	ernst van de gevolgen door breuk van het vlakglas	–
F_E	equivalente belasting	kN
F_{ruit}	externe geconcentreerde belasting	kN
$f_{b,k}$	karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van voorgespannen glas	N/mm^2
$f_{g,k}$	karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van glas	N/mm^2
$f_{mt,u;d}$	rekenwaarde van de buigtreksterkte van glas	N/mm^2
G_0	maximale waarde van de glijdingsmodulus van standaard PVB-folie	N/mm^2
G_∞	plateauwaarde van de glijdingsmodulus van standaard PVB-folie	N/mm^2
G_i	waarde van de glijdingsmodulus behorende bij $\tau_{T,i}$	N/mm^2
G_{PVB}	glijdingsmodulus van standaard PVB-folie	N/mm^2
G_{il}	glijdingsmodulus van de tussenlaag	N/mm^2
H	lengte van de ruit	mm
H_1	lengte van het lastvlak parallel aan zijde H	mm
h	hoogte ten opzichte van NAP (Normaal Amsterdams Peil) na plaatsing	m

Symbolen		
Symbol	Naam	Eenheid
h_p	hoogte ten opzichte van NAP tijdens productie	m
K_{FI}	factor toepasbaar op belastingen ten behoeve van de betrouwbaarheidsdifferentiatie	
k_a	factor voor het oppervlakte-effect	–
k_e	factor voor de randkwaliteit van de ruit	–
k_{mod}	modificatiefactor	–
k_{sp}	factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit	–
k_w	factor k bij buiging	–
k_z	factor voor de zone van de ruit	–
k_σ	factor k bij spanning	
L_A	vormfactor afhankelijk van de lengte en de breedte van de ruit	mm
L_w	vormfactor bij buiging afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit	–
L_σ	vormfactor bij spanning afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit	–
l	lengte van de ruit loodrecht op l_o	mm
l_{dia}	grootste diagonaal van de ruit	mm
l_o	lengte van de ongesteunde zijde van de ruit	mm
m	aantal glasbladen	–
n	aantal glasplaten	–
$P_{c,A}$	luchtdruk op de plaats van gebruik van isolatieglas	kN/m ²
$P_{c,o}$	isochore druk door klimatologische omstandigheden	kN/m ²
$P_{c,P}$	luchtdruk tijdens de productie op het moment van afdichting	kN/m ²
P_E	druk in de spouw ten gevolge van volumeverandering door externe belastingen	kN/m ²
$P_{H;o}$	isochore druk door hoogteverschillen	kN/m ²
$p_{c,rep}$	representatieve belasting op het glasblad van isolerend dubbelglas door isochore druk door klimatologische omstandigheden	kN/m ²
$p_{H,rep}$	representatieve belasting op het glasblad van isolerend dubbelglas door isochore druk door hoogteverschillen	kN/m ²
p_{ruit}	externe gelijkmatig verdeelde vlakbelasting op glasblad 1	kN/m ²
q_{ruit}	externe gelijkmatig verdeelde lijnvormige belasting op glasblad 1	kN/m
RL	risico op letsel	–
RS	risico op schade	–
r	radius van de ingeschreven cirkel	mm
s	spouwbreedte	mm
T_0	constante voor het materiaal in het williams-landel-ferrymodel (WLF)	°C
T_g	temperatuur van het glas tijdens belasten	°C
T_p	temperatuur van de gasvulling in isolatieglas tijdens productie	°C
T_s	temperatuur van de gasvulling in isolatieglas tijdens gebruik	°C
t	belastingsduur	s

Symbolen

Symbol	Naam	Eenheid
$t_{\text{blad};j;\text{ser}}$	equivalente glasdikte van glasblad j in de bruikbaarheidsgrenstoestand	mm
$t_{\text{blad};j;u}$	equivalente glasdikte van glasblad j in de uiterste grenstoestand	mm
$t_{\text{blad};\text{max};u}$	rekenwaarde van de glasdikte van het dikste glasblad in de ruit in de uiterste grenstoestand	mm
$t_{\text{gg};i;u}$	rekenwaarde van de glasdikte van glasplaat i in gelaagd glas in de uiterste grenstoestand	mm
$t_{\text{gg};\text{ser}}$	equivalente glasdikte van gelaagd glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand	mm
$t_{\text{gg};u}$	equivalente glasdikte van gelaagd glas in de uiterste grenstoestand	mm
$t_{m;j}$	afstand tussen het midden van glasplaat i en het midden van het glasblad, zonder rekening te houden met de dikten van de tussenlagen	mm
t_{nom}	nominale dikte van de enkele glasplaat	mm
t_{pl}	glasdikte van enkel glas	mm
$t_{\text{pl};i}$	glasdikte van glasplaat i	mm
$t_{\text{pl};\text{max}}$	glasdikte van de dikste glasplaat in gelaagd glas	mm
$t_{\text{ruit};\text{ser}}$	equivalente glasdikte van isolerend glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand	mm
$t_{\text{ruit};u}$	equivalente glasdikte van isolerend glas in de ongesteunde randzone in de uiterste grenstoestand	mm
$t_{v;j}$	dikte van de tussenlaag	mm
$u_{\text{dia};\text{max}}$	maximale doorbuiging in het midden van de ruit	mm
u_{max}	maximale doorbuiging van de zijde van de ruit	mm
V	inhoud van de spouw	mm ³
V'	verandering van de inhoud van de spouw	mm ³
WS	waarschijnlijkheid van schade met of zonder opzet	–
x	kleinste afstand van zijde l tot het midden van het lastvlak	mm
y	afstand van zijde l_0 naar het midden van het lastvlak evenwijdig aan zijde l	mm
α	één van twee gelijke hoeken	°
$\gamma_{m,A}$	materiaalfactor van glas	–
$\gamma_{m,V}$	materiaalfactor van de voorspanning van voorgespannen glas	–
Δ_t	maximaal toelaatbare afwijking van de dikte van de glasplaat	mm
ν_g	poissongetal van glas	–
ν_{PVB}	poissongetal van standaard PVB-folie	–
ρ_g	dichtheid van glas	kg/m ³
$\sigma_{\text{pl};m;t;i;d}$	rekenwaarde van de buigtrekspanning in glasplaat i	N/mm ²
$\tau_{\text{ref};i}$	relaxatietijd van de tussenlaag bij temperatuur $T_g = T_0$	s
$\tau_{T;i}$	relaxatietijd van de tussenlaag bij temperatuur T_g	s
φ	isolatiefactor voor isolerend dubbelglas	–
χ	vormfactor bij de karakteristieke lengte van de ruit	–
ψ	momentaanfactor	–

Symbolen		
Symbol	Naam	Eenheid
Ψ_1	factor in verband met de frequente waarde van een veranderlijke belasting	
ω_w	koppelingsfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij buiging	–
ω_s	koppelingsfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij spanning	–

5 Grondslagen van het ontwerp

5.1 Fundamentele eisen en bepalingmethoden

5.1.1 Algemeen

(1) Het ontwerp en de berekening van een toepassing met vlakglas moet in overeenstemming zijn met de algemene regels van NEN-EN 1990.

(2) Daarnaast zijn de in dit hoofdstuk vermelde aanvullende bepalingen voor toepassingen met glas van toepassing.

(3) Er wordt voor constructies van glas geacht aan de basiseisen volgens hoofdstuk 2 van NEN-EN 1990 te zijn voldaan, wanneer het volgende tezamen is toegepast:

- ontwerpen op basis van grenstoestanden in combinatie met partiële veiligheidsfactoren volgens NEN-EN 1990;
- belastingen volgens NEN-EN 1991:reeks, aangevuld met de in deze norm opgenomen uitwerking voor de isochore druk in hoofdstuk 6;

OPMERKING Zie 3.2(2)P van NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011.

- belastingscombinaties volgens NEN-EN 1990;
- weerstand, daaronder mede begrepen de hoeveelheid te verwachten schade in relatie tot kans op letsel, duurzaamheid en bruikbaarheid volgens deze norm.

5.1.2 Eisen

(1) Een uiterste grenstoestand van een glazen constructie mag niet zijn overschreden bij de voorgeschreven fundamentele belastingscombinaties als bedoeld in NEN-EN 1990.

OPMERKING 1 De voorgeschreven belastingscombinaties zijn als minimumvoorschrift neergelegd in de bouwregelgeving. Wanneer de belastingscombinaties zijn ontleend aan NEN-EN 1990 mag zijn geacht dat aan de bouwregelgeving is voldaan.

OPMERKING 2 Op grond van 3.2(2)P van NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011 moeten ook belastingen in rekening zijn gebracht die intrinsiek het gevolg zijn van de vervaardiging of de eigenschappen van een product. De isochore druk als bedoeld in hoofdstuk 6 is zo'n soort belasting.

(2) Een uiterste grenstoestand van een glazen constructie mag niet zijn overschreden bij de voorgeschreven buitengewone belastingscombinaties als bedoeld in NEN-EN 1990, waarbij de buitengewone belasting het gevolg is van een vallend persoon of voorwerp.

OPMERKING 3 Bij het effect van vallende personen of voorwerpen gaat het niet om de verificatie van disproportionele schade aan het bouwwerk als geheel maar om het voorkomen van het naar beneden vallen van personen of voorwerpen als gevolg van lokaal bezwijken. Lokaal bezwijken mag dus optreden als het maar niet leidt tot de situatie dat een persoon of voorwerp naar beneden valt.

(3) Tot de bepaling van het overschrijden van een uiterste grenstoestand behoort ook een beoordeling van de kans op niet-toelaatbare letselschade. De kwetsbaarheid van vlakglas moet in relatie met de te verwachten bedreiging en de kans op letsel zijn geëvalueerd.

(4) Een constructie moet zo zijn ontworpen en uitgevoerd dat zij niet zal worden beschadigd bij buitengewone belastingscombinaties ten gevolge van vallende personen als bedoeld in NEN-EN 1990 en NEN-EN 1991-1-7+C1 in een mate die niet in verhouding staat tot de aanvankelijke oorzaak.

(5) Een bruikbaarheidsgrenstoestand van een glazen constructie mag niet zijn overschreden bij de voorgeschreven belastingscombinaties als bedoeld in NEN-EN 1990. Voor toetsing van de bruikbaarheidsgrenstoestand hoeft geen rekening te zijn gehouden met isochore druk.

http://www.cpius-groep.com

5.1.3 Bepalingsmethoden

(1) Voor het bepalen of een uiterste grenstoestand wordt overschreden, moet gebruik zijn gemaakt van de methode met de partiële factoren volgens NEN-EN 1990, waarvan de grootte afhankelijk is van de gevolgklasse waarin de constructie moet zijn ingedeeld volgens die norm.

OPMERKING 1 Voor een mogelijke indeling van gevolgklassen voor constructies met glas wordt verwezen naar bijlage H.

OPMERKING 2 Deze norm is een uitwerking van NEN-EN 1990. Het is toelaatbaar dat in plaats van de uitwerking in deze norm een andere bepalingmethode wordt toegepast, mits aan NEN-EN 1990 is voldaan. Ook indien op onderdelen van de bepalingmethoden in deze norm is afgeweken is dat toelaatbaar, mits deze afwijking er niet toe leidt dat niet langer aan NEN-EN 1990 is voldaan.

OPMERKING 3 Onderdeel van de methode van de partiële factoren is het indelen van constructies en delen van constructies in gevolgklassen. De keuze is afhankelijk van de gevolgen ten aanzien van het verlies aan mensenlevens en de economische of sociale gevolgen en de gevolgen voor de omgeving die worden veroorzaakt door het overschrijden van een uiterste grenstoestand. De keuze is dus niet zozeer afhankelijk van de belastingssoort die de oorzaak is van het bezwijken, maar van de plaats, omvang en de functie die een constructie in een bouwwerk vervult. Een glaspui van bepaalde afmetingen die op een drukke winkelstraat kan vallen bij bezwijken, zal anders moeten zijn ingedeeld dan eenzelfde pui in eenzelfde gebouw dat ergens in een weiland wordt gerealiseerd. Ook de vorm van bezwijken, allemaal kleine glasfragmenten die naar beneden vallen of glas dat wel bezwijkt maar niet naar beneden valt, speelt een rol bij de indeling. Voor een nadere beschrijving van hoe tot een keuze te komen geeft bijlage B van NEN-EN 1990 aanwijzingen.

(2) De berekening moet zijn gebaseerd op berekeningsmodellen die geschikt zijn voor de beschouwde grenstoestand.

(3) Het berekeningsmodel en de fundamentele aanname voor de berekeningen moeten met een geschikte nauwkeurigheid het constructieve gedrag bij de relevante grenstoestand en het verwachte gedrag van de doorsneden, elementen en oplettingen weergeven.

(4) Voor het beoordelen of een uiterste grenstoestand is overschreden bij een stootbelasting mag een constructie in enge zin zijn bezwiken.

OPMERKING 4 Met 'in enge zin' wordt bedoeld dat de glazen constructie in staat is om de stootbelasting te weerstaan als tijdens het uitvoeren van de proef het stootlichaam niet door de afscheidingsconstructie heen gaat en na het uitvoeren van de proef de onderlinge samenhang van de afscheidingsconstructie behouden is gebleven.

(5) Vlakglas mag niet leiden tot een onevenredige mate van letselschade als gevolg van het bezwijken.

(6) Voor de evaluatie van letselschade moet de mate van beschadiging aan het constructief element tijdens de referentieperiode zijn ingeschat. Voor de bepaling van de mate van beschadiging moet de methode volgens bijlage D zijn aangehouden.

(7) De in onderhavige norm opgenomen bepalingmethoden mogen alleen zijn gebruikt als is voldaan aan de voorwaarden verwoord in 5.2.

(8) Bij de bepaling of de uiterste grenstoestand wordt overschreden moeten de materiaaleigenschappen zijn gehanteerd als beschreven in 5.3.

(9) De rekenwaarde van de dikte van het glas moet, zowel bij de verificatie van de uiterste grenstoestand als van de bruikbaarheidsgrenstoestand, zijn bepaald volgens hoofdstuk 7.

OPMERKING 5 Bij de berekening van de vervorming in het kader van de toetsing van de bruikbaarheidsgrenstoestand mag voor de stijfheidseigenschappen de rekenwaarde voor de dikte van gelaagd glas en isolatieglas volgens bijlage F zijn aangehouden.

(10) Voor de toetsing van de uiterste grenstoestand moet toepassing zijn gegeven aan hoofdstuk 8.

(11) Voor de toetsing van de bruikbaarheidsgrenstoestand moet toepassing zijn gegeven aan hoofdstuk 9.

(12) Bij de toetsing van de maximale vervorming onder windbelasting van de gesteunde en/of de ongesteunde zijde van de ruit moet de frequente belastingscombinatie volgens 6.5 van NEN-EN 1990 zijn gehanteerd, waarbij de veranderlijke belasting $Q_{k,1}$ de windbelasting is en waarbij er voor Ψ_1 een waarde van 0,9 (herhalingstijd 12,5 jaar) moet zijn aangehouden.

5.2 Voorwaarden

(1) Thermisch gehard glas toegepast als:

— enkel glas in een ruit bestaande uit 1 glasplaat

of

— enkel glas in het binnen- of buitenblad van isolatieglas,

waarbij de ruit een breukgedrag type C volgens NEN-EN 12600 heeft, moet de beproeving volgens de 'heat soak'-methode volgens NEN-EN 14179-1 hebben ondergaan.

(2) Verticaal geplaatst thermisch gehard glas toegepast als:

— enkel glas in een ruit bestaande uit 1 glasplaat

of

— enkel glas in het binnen- of buitenblad van isolatieglas,

waarbij de ruit een breukgedrag type C volgens NEN-EN 12600 heeft met géén enkel deel boven 3,5 m vanaf de aansluitende vloer, het aansluitende terrein of water, hoeft de 'heat soak'-methode volgens NEN-EN 14179-1 niet te hebben ondergaan.

(3) Het niet toepassen van de 'heat soak'-methode heeft gevolgen voor de beoordeling van de betrouwbaarheid.

(4) De maximale vervorming van de ongesteunde zijde van de ruit van isolatieglas moet zodanig beperkt blijven dat er sprake blijft van een hermetisch gesloten spouw.

OPMERKING Indien wordt voldaan aan 9.1 mag zijn aangenomen dat er sprake blijft van een hermetisch gesloten spouw.

5.3 Materiaaleigenschappen

(1) Het materiaal glas gedraagt zich lineair-elastisch tot aan breuk.

(2) Bij gebruik van natronkalkglas kunnen de materiaaleigenschappen volgens NEN-EN 572-1 zijn aangehouden:

- dichtheid van glas $\rho_g = 2\,500 \text{ kg/m}^3$;
- elasticiteitsmodulus $E_g = 70\,000 \text{ N/mm}^2$;
- poissongetal $\nu_g = 0,23$.

5.4 Nadere rekenregels ter beoordeling van de uiterste grenstoestand

(1) De toetsing van de weerstand van een onbeschadigd constructief element moet zijn uitgevoerd, waarbij de optredende spanning moet zijn berekend voor de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990. Daarbij mag geen breuk optreden.

(2) De toetsing van de weerstand van een onbeschadigd constructief element moet zijn uitgevoerd, waarbij de optredende spanning moet zijn berekend voor de buitengewone belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990. Als buitengewone belasting moet daarbij zijn uitgegaan van de stootbelasting op een vloerafscheiding, een dak of een vloer. Daarbij mag in beperkte mate breuk optreden. Lokaal bezwijken mag optreden, maar mag niet leiden tot de situatie dat een persoon of voorwerp naar beneden valt.

OPMERKING 1 In de wetgeving is ervan uitgegaan dat na lokaal bezwijken herstel plaatsvindt van het beschadigde constructief element. Dat is niet nodig als het constructief element nog in staat is de fundamentele belastingscombinaties te weerstaan.

(3) De toetsing van de weerstand van een beschadigd constructief element moet zijn uitgevoerd. Daarbij moet de ruit in staat zijn de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990 te weerstaan, zonder dat in de onbeschadigde glasplaten breuk optreedt, waarbij voor alle belastingsfactoren de waarde 1 mag zijn aangehouden.

OPMERKING 2 De toetsing van de weerstand van een beschadigd constructief element kan worden uitgevoerd volgens bijlage J.

OPMERKING 3 Bij (3) wordt getoetst het constructief element bestaande uit de resterende onbeschadigde glasplaten. Deze behoren de voorgeschreven belasting zonder breuk te kunnen weerstaan.

(4) De mate van beschadiging als bedoeld in (3) moet zijn bepaald volgens 5.5, waarbij de situatie moet zijn beschouwd waarbij de schade is ontstaan door een aanval vanuit 1 aanvalszijde op het constructief element.

(5) Indien het beschadigde constructief element, waarvan de mate van beschadiging is bepaald volgens 5.1.3(6), uit de aard van zijn toepassing na beschadiging niet direct kan worden hersteld tot het betrouwbaarheidsniveau volgens NEN 8700 (renovatieniveau), moet de mate van beschadiging nogmaals zijn bepaald volgens 5.5, waarbij de schade moet zijn beschouwd als zijnde ontstaan door een aanval vanuit alle aanvalszijden van het constructief element. Met dit niveau van beschadiging moet het constructief element zijn getoetst, waarbij de optredende spanning moet zijn berekend voor de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990. Daarbij mag geen nieuwe breuk optreden. Er moet zijn getoetst met de fundamentele belastingscombinatie waarbij voor alle partiële factoren de waarde 1 mag zijn aangehouden.

OPMERKING 4 Het direct herstel tot het betrouwbaarheidsniveau kan worden bereikt door tijdelijk bouwkundige veiligheidsmaatregelen te nemen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het afzetten van gebied of het plaatsen van een tijdelijke houten plaat ter vervanging van de bezweken ruit.

(6) De toetsing onder (3) hoeft niet te zijn uitgevoerd voor een constructief element dat alleen van belang is voor zijn eigen stabiliteit en niet wordt belast door personen, aankleding en meubilair, mits $RL < 25$, bepaald volgens bijlage D.

(7) De toetsing onder (3) hoeft niet te zijn uitgevoerd voor een constructief element als het vlakglas:

- 1) verticaal is geplaatst, en
- 2) minstens één glasblad voldoet aan 1(B)1 van NEN-EN 12600, en

- 3) a) rondom is opgelegd
of
- b) rechthoekig is waarbij het vlakglas minimaal tweezijdig lijnvormig is ondersteund waarbij de ondersteunde zijden de overliggende zijden zijn en een van de ondersteunde zijden zich bevindt op de voorgeschreven hoogte boven de aansluitende vloer als bedoeld in de publiekrechtelijke regelgeving (zone a volgens NEN-EN 1991-1-1+C1);
- 4) en, in geval van openbare gebouwen, de gevolgen van bezwijken van een geringere orde zijn.

OPMERKING 5 Als de waarde van RL van een constructief element, bepaald volgens bijlage D, kleiner is dan 25, mag worden verwacht dat het gevolg van bezwijken van een geringere orde is.

OPMERKING 6 Alle beschadigde constructieve elementen behoren zo spoedig mogelijk na beschadiging te worden vervangen. Om onveilige situaties te voorkomen, behoren er maatregelen te worden getroffen, zoals het afzetten van de omgeving. Als het element door zijn ligging niet of niet spoedig kan worden vervangen, zal hiermee in de ontwerpfase rekening moeten zijn gehouden.

OPMERKING 7 Bij een constructieve berekening mag voor de stijfheidseigenschappen de rekenwaarde voor de dikte van gelaagd glas en isolatieglas volgens bijlage F zijn aangehouden.

(8) In afwijking van NEN-EN 1990 moet voor de oppervlakte van een geconcentreerde belasting, na eenzijdige laterale breuk volgens bijlage D voor daken begaanbaar voor reparatie en onderhoud, 200 mm × 200 mm zijn aangehouden.

(9) Bij de toetsing van een beschadigd constructief element als bedoeld bij (3), voor daken begaanbaar voor reparatie en onderhoud, mag de partiële factor aan de belastingszijde voor de geconcentreerde en de lijnvormige belasting zijn vermenigvuldigd met een modificatiefactor ψ_1 gelijk aan 0,67.

(10) Bij de toetsing van een beschadigd constructief element als bedoeld bij (3), voor vloerafscheidingen, hoeft de belasting met een belastingsduur van 24 h of 7×24 h niet te zijn beschouwd.

5.5 Beschadigd constructief element

(1) De mate van beschadiging aan het constructief element tijdens de referentieperiode moet zijn ingeschat op basis van de kwetsbaarheid van vlakglas in relatie tot de te verwachten bedreiging en de kans op letsel. Voor de bepaling van de mate van beschadiging moet de methode volgens bijlage D zijn toegepast.

OPMERKING Indien beschadiging van een constructief element vervolgens beschadiging van een ander constructief element of zelfs meer constructieve elementen tot gevolg kan hebben, behoort de bedreiging en de kans op letsel op basis van het geheel van de beschadigde constructieve elementen te zijn ingeschat.

6 Isochore druk

6.1 Algemeen

(1) Isochore druk treedt op in de spouw van isolatieglas door klimatologische omstandigheden en hoogteverschillen tussen het moment van assemblage en het moment van plaatsen.

6.2 Isochore druk door klimatologische omstandigheden

6.2.1 Algemeen

(1) De belasting door isochore druk door klimatologische omstandigheden, $P_{c;o}$, moet als variabele plaatsgebonden belasting zijn beschouwd. Isochore druk is een gelijkmatig verdeelde belasting en werkt loodrecht op het oppervlak van de glasbladen.

(2) De druk in de spouw van isolerend glas door isochore druk, $P_{c;o}$, moet zijn bepaald volgens 6.2.3. De representatieve waarde van de belasting door isochore druk op de glasbladen voor isolerend dubbelglas mag zijn bepaald met bijlage B.

(3) Indien de lengte van de kortste zijde van de ruit groter is dan 1 m hoeft geen isochore druk te zijn berekend.

6.2.2 Momentaanfactor

(1) In de belastingscombinaties geldt voor isochore druk een momentaanfactor $\psi = 0$ met uitzondering voor de combinatie met sneeuw, waarvoor een momentaanfactor volgens tabel 1a en 1b moet zijn toegepast.

http://www.cpius-grades.com

6.2.3 Bepaling isochore druk in de spouw

(1) De isochore druk door klimatologische omstandigheden, $P_{c;o}$, moet zijn bepaald volgens vergelijking (1).

OPMERKING 1 Klimatologische belastingen zijn een resultaat van verschillen in temperatuur en luchtdruk tijdens de productie en tijdens gebruik.

$$P_{c;o} = C_c \times (T_s - T_p) - (P_{c;A} - P_{c;P}) \quad (1)$$

waarbij:

$$(P_{c;A} - P_{c;P}) = 0 \quad (2)$$

waarin:

$P_{c;o}$ is de isochore druk door klimatologische omstandigheden, in kN/m^2 ;

C_c is de factor voor het verhogen van de isochore druk door temperatuurverschillen, in $\text{kN/m}^2\text{K}$, waarbij $C_c = 0,340 \text{ kN/m}^2\text{K}$;

T_s is de temperatuur van de gasvulling in isolatieglas tijdens gebruik volgens tabel 1a of tabel 1b, in $^{\circ}\text{C}$;

T_p is de temperatuur van de gasvulling in isolatieglas tijdens productie volgens tabel 1a of tabel 1b, in $^{\circ}\text{C}$;

$P_{c;A}$ is de luchtdruk op de plaats van gebruik van isolatieglas, in kN/m^2 ;

$P_{c;P}$ is de luchtdruk tijdens de productie op het moment van afdichting, in kN/m^2 .

Tabel 1a — Temperatuur gasvulling, momentaanfactor — Isolerend dubbelglas

	Minimaal	Maximaal
T_s [$^{\circ}\text{C}$]	-6,6	35,6
T_p [$^{\circ}\text{C}$]	25,0	17,0
$\psi_{P_{c;o}}$ ^a	0,25	0

^a Momentaanfactor voor isochore druk bij belastingscombinatie isochore druk met sneeuw.

Tabel 1b — Temperatuur gasvulling, momentaanfactor — Driebladig isolatieglas

	Minimaal	Maximaal
T_s in de spouw aan de buitenzijde ruit [°C]	-14,6	41,8
T_s in de spouw aan de binnenzijde ruit [°C]	3,9	27,3
T_p [°C]	25,0	17,0
$\psi_{P_{c,o}}$ ^a	0,25	0,25

^a Momentaanfactor voor isochore druk bij belastingscombinatie isochore druk met sneeuw.

OPMERKING 2 De positieve waarde van $P_{c,o}$ resulteert in een overdruk in de spouw. De negatieve waarde van $P_{c,o}$ resulteert in een onderdruk in de spouw.

OPMERKING 3 Doordat de temperatuur in de buitenspouw en de binnenspouw bij driebladig isolatieglas ongelijk is, is de isochore druk in de buitenspouw en de binnenspouw ook ongelijk.

6.3 Isochore druk door hoogteverschillen

6.3.1 Algemeen

- (1) De belasting door isochore druk door hoogteverschillen, $P_{H,o}$, moet als permanente belasting zijn beschouwd. Isochore druk is een gelijkmatig verdeelde belasting en werkt loodrecht op het oppervlak van de glasbladen.
- (2) De druk in de spouw van isolerend glas door isochore druk, $P_{H,o}$, moet zijn bepaald volgens 6.3.2. De representatieve waarde van de belasting door isochore druk op de glasbladen voor isolerend dubbelglas mag zijn bepaald met bijlage B.
- (3) Indien de lengte van de kortste zijde van de ruit groter is dan 1 m hoeft geen isochore druk te zijn berekend.

6.3.2 Bepaling isochore druk door hoogteverschillen

- (1) Als de absolute waarde van $h - h_p$ groter is dan 150 m, dan moet de isochore druk door hoogteverschillen, $P_{H,o}$, zijn bepaald volgens vergelijking (3). Als de absolute waarde van $h - h_p$ kleiner is dan 150 m, dan mag $P_{H,o}$ gelijk zijn gesteld aan 0.

$$P_{H,o} = C_H \times (h - h_p) \quad (3)$$

waarin:

- $P_{H,o}$ is de isochore druk door hoogteverschillen, in kN/m^2 ;
- C_H is de factor voor het verhogen van de isochore druk door hoogteverschillen, in $\text{kN/m}^2/\text{m}$, waarbij $C_H = 0,012 \text{ kN/m}^2/\text{m}$;
- h is de hoogte ten opzichte van NAP na plaatsing, in m;
- h_p is de hoogte ten opzichte van NAP tijdens productie, in m.

OPMERKING 1 Belastingen door hoogteverschil zijn een resultaat van verschillen in hoogte tijdens de productie en tijdens gebruik.

OPMERKING 2 De aan te houden belastingsduur voor de extreme belasting door isochore druk door hoogteverschillen is de referentieperiode.

OPMERKING 3 De positieve waarde van $P_{H;o}$ resulteert in een overdruk in de spouw. De negatieve waarde van $P_{H;o}$ resulteert in een onderdruk in de spouw.

7 Rekenwaarde van de glasdikte enkel glas of glasplaat i

(1) De rekenwaarde van de glasdikte van enkel glas of glasplaat i in de uiterste grenstoestand en bruikbaarheidsgrenstoestand (t_{pl} of $t_{pl;i}$) moet zijn bepaald op een van de volgende wijzen:

- 1) Meet de dikte van het glas op vier plaatsen op de vier zijden van de glasplaat, binnen een afstand van 50 mm vanaf de rand. Bepaal vervolgens de rekenwaarde van de glasplaat (t_{pl} of $t_{pl;i}$) als zijnde het gemiddelde van de vier meetresultaten, rekenkundig afgerond op 0,1 mm.
- 2) Bepaal de rekenwaarde van de glasdikte van de glasplaat (t_{pl} of $t_{pl;i}$) volgens vergelijking (4). De rekenwaarde is gelijk aan de nominale dikte van de glasplaat min de maximaal toelaatbare tolerantie. De dikte van de glasplaat is op 0,1 mm afgerond. Voor handelsdikten van glas wordt verwezen naar relevante glasproductnormen waarin zowel de nominale glasdikten als de toleranties zijn vermeld.

$$t_{pl;i} = t_{pl} = t_{nom} - \Delta_t \quad (4)$$

waarin:

$t_{pl;i}$ is de glasdikte van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$), in mm;

t_{pl} is de glasdikte van enkel glas, in mm;

t_{nom} is de nominale dikte van de enkele glasplaat, in mm;

Δ_t is de maximaal toelaatbare afwijking van de dikte van de glasplaat, in mm.

OPMERKING 1 De dikten (uitgedrukt in nominale en minimale dikte) voor natronkalkfloatglas volgens NEN-EN 572-2 en natronkalkfiguurglas volgens NEN-EN 572-5 zijn herhaald in bijlage E evenals voor het daarvan gefabriceerde thermisch versterkte glas (volgens NEN-EN 1863-1) alsook het thermisch geharde glas (volgens NEN-EN 12150-1).

OPMERKING 2 De equivalente glasdikte van enkel glas in de uiterste grenstoestand is gelijk aan de equivalente glasdikte van enkel glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand.

8 Toetsing uiterste grenstoestand

8.1 Respons van de constructie

(1) De respons van de constructie, zijnde de krachtsverdeling en de vervormingstoestand, moet zijn bepaald volgens de leer van de toegepaste mechanica.

8.2 Toetsing

(1) De buigtrekspanning in glasplaat i ($\sigma_{pl;mt;i;d}$) moet voldoen aan de volgende eis:

$$\frac{\sigma_{pl;mt;i;d}}{f_{mt;u;d}} \leq 1,0 \quad (5)$$

waarin:

$\sigma_{pl;mt;i;d}$ is de rekenwaarde van de buigtrekspanning in glasplaat i , in N/mm^2 ;

$f_{mt;u;d}$ is de rekenwaarde van de buigtreksterkte van glas volgens 8.3, in N/mm².

OPMERKING 1 Voor de toetsing van de uiterste grenstoestand in de randzone van isolatieglas hoeft voor het glas geen rekening te zijn gehouden met isochore druk. De randafdichting behoort wel in staat te zijn de belasting door isochore druk duurzaam te weerstaan. Dit valt buiten het toepassingsgebied van deze norm.

OPMERKING 2 Voor de bepaling van de belasting op de glasbladen bij isolatieglas door isochore druk en druk in de spouw veroorzaakt door externe belastingen mag bijlage B zijn toegepast.

8.3 Bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte

8.3.1 Niet-voorgespannen glas

(1) De rekenwaarde voor de buigtreksterkte ($f_{mt;u;d}$) van niet-voorgespannen glas moet zijn bepaald volgens vergelijking (6).

$$f_{mt;u;d} = \frac{k_a \times k_e \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m;A}} \quad (6)$$

waarin:

- $f_{mt;u;d}$ is de rekenwaarde van de buigtreksterkte van niet-voorgespannen glas, in N/mm²;
- k_a is de factor voor het oppervlakte-effect volgens 8.3.3(3), 8.3.3(4) en 8.3.3(5);
- k_e is de factor voor de randkwaliteit van de ruit, waarbij bij spanningen op de rand k_e volgens 8.3.3(2) moet zijn toegepast. Voor de overige situaties moet $k_e = 1$ zijn toegepast;
- k_{mod} is de modificatiefactor afhankelijk van de belastingsduur en de referentieperiode volgens 8.3.3(6);
- k_{sp} is de factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit volgens 8.3.3(1);
- $f_{g;k}$ is de karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van glas, in N/mm², waarbij $f_{g;k} = 45$ N/mm²;
- $\gamma_{m;A}$ is de materiaalfactor van glas, waarbij:
 - $\gamma_{m;A} = 1,6$ voor situaties waarbij de wind of isochore druk de overheersende veranderlijke belasting is;
 - $\gamma_{m;A} = 1,8$ voor overige situaties.

8.3.2 Voorgespannen glas

(1) De rekenwaarde voor de buigtreksterkte $f_{mt;u;d}$ van voorgespannen glas moet zijn bepaald volgens vergelijking (7).

$$f_{mt;u;d} = \frac{k_e \times k_a \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m;A}} + \frac{k_e \times k_z \times (f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k})}{\gamma_{m;V}} \quad (7)$$

waarin:

- $f_{mt;u;d}$ is de rekenwaarde van de buigtreksterkte van voorgespannen glas, in N/mm²;
- k_e is de factor voor de randkwaliteit van de ruit, waarbij bij spanningen op de rand k_e volgens 8.3.3(2) moet zijn toegepast. Voor de overige situaties moet $k_e = 1$ zijn toegepast;
- k_a is de factor voor het oppervlakte-effect volgens 8.3.3(3), 8.3.3(4) en 8.3.3(5);
- k_{mod} is de modificatiefactor afhankelijk van de belastingsduur en de referentieperiode volgens 8.3.3(6);
- k_{sp} is de factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit volgens 8.3.3(1);

- $f_{g;k}$ is de karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van glas, in N/mm^2 , waarbij $f_{g;k} = 45 N/mm^2$;
- $\gamma_{m,A}$ is de materiaalfactor van glas, waarbij:
 - $\gamma_{m,A} = 1,6$ voor situaties waarbij de wind of isochore druk de overheersende veranderlijke belasting is;
 - $\gamma_{m,A} = 1,8$ voor overige situaties;
- k_z is de factor voor de zone van de ruit volgens 8.3.3(7);
- $f_{b;k}$ is de karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van voorgespannen glas volgens tabel 2, in N/mm^2 ;
- $\gamma_{m,V}$ is de materiaalfactor van de voorspanning van voorgespannen glas, waarbij $\gamma_{m,V} = 1,2$.

Tabel 2 — Karakteristieke waarde voor de buigtreksterkte van voorgespannen glas

Materiaal	$k_{sp} \times f_{g;k}$ N/mm ²	$f_{b;k}$ N/mm ²	$f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k}$ N/mm ²
Floatglas – thermisch versterkt, volgens NEN-EN 1863-1	45	70	25
Floatglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en 'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 14179-1	45	120	75
Geëmailleerd floatglas – thermisch versterkt volgens NEN-EN 1863-1	35	45	10
Geëmailleerd floatglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en 'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas, volgens NEN-EN 14179-1	35	75	40
Figuurglas – thermisch versterkt volgens NEN-EN 1863-1	36	55	19
Figuurglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en 'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 14179.1	36	90	54

OPMERKING Het coaten van glas heeft geen negatieve invloed op de sterkte.

8.3.3 Rekenfactoren

(1) De factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit k_{sp} is afhankelijk van het productieproces en moet zijn bepaald volgens tabel 3.

Tabel 3 — Factor voor de oppervlaktestructuur, k_{sp}

Materiaal	k_{sp}
Floatglas	1,0
Figuurglas	0,8
Geëmailleerd floatglas aan de geëmailleerde zijde. Voor de niet-geëmailleerde zijde, zie floatglas	0,78

OPMERKING 1 Het coaten van glas heeft geen negatieve invloed op de sterkte.

(2) De factor voor de randkwaliteit van de ruit k_e moet zijn bepaald volgens tabel 4.

Tabel 4 — Factor voor de randkwaliteit, k_e

Materiaal	k_e	
	Loodrecht op vlak belast	Belast in het vlak ^a
Niet voorgespannen	0,8	0,8
Thermisch gespannen glas	0,8	0,8
Thermisch gehard glas	1	1

^a Bij geslepen randen.

(3) Als de ruit wordt belast door een gelijkmatig verdeelde belasting en in geval van een niet-lineaire berekening van de buigtrekspanning moet de factor voor het oppervlakte-effect, k_a , zijn bepaald volgens vergelijking (8).

$$k_a = 1,644 \times A^{-\left(\frac{1}{25}\right)} \quad (8)$$

waarin:

A is de oppervlakte van de belasting, in mm^2 .

(4) Als de ruit wordt belast door een geconcentreerde belasting met lastvlak $H_1 \times B_1$ mag de factor voor het oppervlakte-effect, k_a , zijn bepaald volgens vergelijking (8), waarin A de oppervlakte van de puntlast $H_1 \times B_1$ is, in mm^2 .

(5) In overige situaties geldt $k_a = 1$.

(6) De modificatiefactor voor de belastingsduur van het niet-voorgespannen deel van de eigenschap, k_{mod} , moet zijn bepaald met vergelijking (9).

$$k_{\text{mod}} = \left(\frac{5}{t}\right)^{\frac{1}{c}} \quad (9)$$

waarin:

k_{mod} is de modificatiefactor afhankelijk van de belastingsduur en de referentieperiode;

c is de corrosieconstante afhankelijk van temperatuur en vochtigheid volgens tabel 5;

t is de belastingsduur volgens bijlage A, waarbij de te gebruiken belastingsduur is de belastingsduur van de kortst durende belasting in de beschouwde belastingscombinatie, in s.

Tabel 5 — Corrosieconstante c

Glasoppervlak	Randzone	Middenzone
Glasoppervlak grenzend aan een hermetisch gesloten spouw van isolatieglas. De spouw is voorzien van lucht met een relatieve vochtigheid van maximaal 10 %	16	27
Glasoppervlak van gelaagd glas grenzend aan de kunststof tussenlaag	16	18
Overige situaties	16	16

OPMERKING 2 Voor enkel glas en isolerend glas bestaande uit gelaagd glas, mag de berekening van k_{mod} volgens bijlage G zijn toegepast. De berekening volgens de bijlage geeft een nauwkeuriger resultaat van k_{mod} .

(7) De factor voor de zone van de ruit k_z moet zijn bepaald volgens tabel 6.

Tabel 6 — Factor voor de zone van de ruit k_z

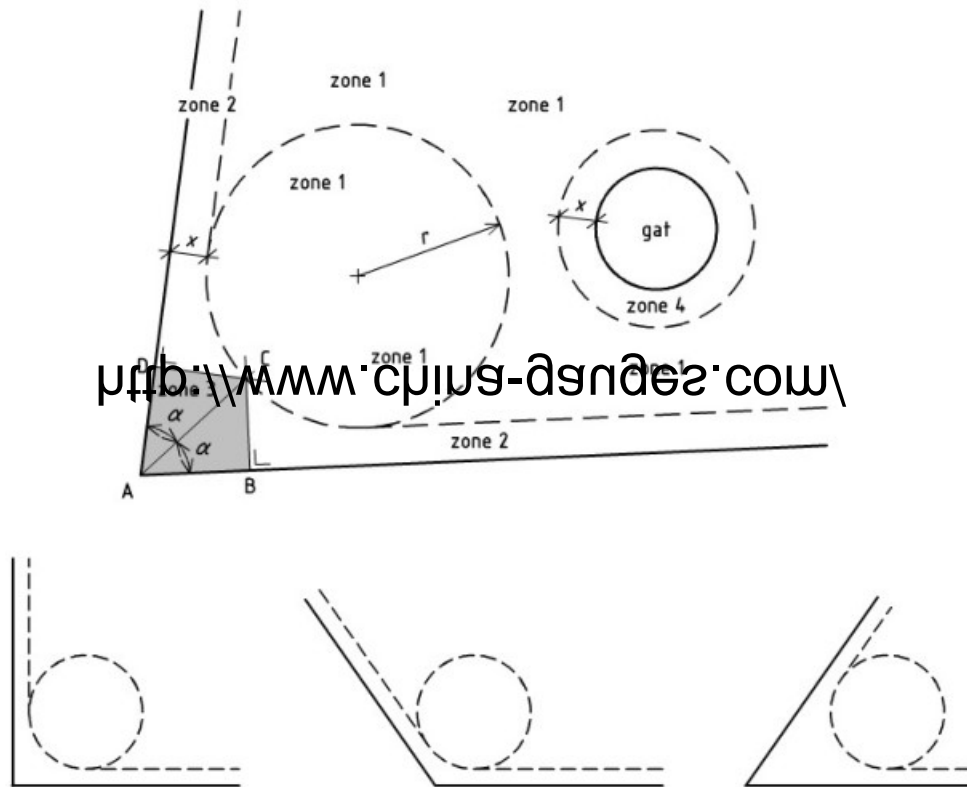
Type voorspanning	k_z			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Thermisch versterkt glas	1	1	Rekenen als niet-voorgespannen	1
Thermisch gehard veiligheidsglas	1	0,9		0,9

OPMERKING 3 Bij het vaststellen van de waarden van k_z is uitgaan van onbeschadigde randen.

(8) De zones 1, 2, 3 en 4 in tabel 6 zijn als volgt gedefinieerd:

- zone 1 is de middenzone van de ruit volgens figuur 2;
- zone 2 is de randzone van de ruit volgens figuur 2. De breedte van de randzone 2 (x) is voor thermisch versterkt glas anderhalf maal de glasdikte en voor thermisch gehard veiligheidsglas eenmaal de glasdikte;
- zone 3 is de hoekzone van de ruit volgens vlak ABCD in figuur 2. Indien de hoek van de ruit is afgerond met een minimumradius van $r + x$, is zone 3 niet van toepassing maar moet zijn gerekend met zone 2, waarbij x de breedte van de randzone is (zie zone 2) en r de radius van de ingeschreven cirkel berekend volgens (10);
- zone 4 is de zone rondom de gaten volgens figuur 2. De breedte van deze zone 4 (x) is voor thermisch versterkt glas anderhalf maal de glasdikte en voor thermisch gehard veiligheidsglas eenmaal de glasdikte.

(9) De onder (8) genoemde glasdikte is gelijk aan de glasdikte van enkel glas of glasplaat i (t_{pi} of $t_{pl,i}$) volgens hoofdstuk 7.



Figuur 2 — Zones van voorgespannen glas

(10) Zone 2 en zone 3 zijn begrensd door een ingeschreven cirkel met een radius gelijk aan vergelijkingen (10a) en (10b).

$$r = (2 + \sqrt{2}) \times t_{pl} \quad \text{voor } n = 1 \quad (10a)$$

$$r = (2 + \sqrt{2}) \times t_{pl;i} \quad \text{voor } n > 1 \quad (10b)$$

waarin:

- n is het aantal glasplaten;
- r is de radius van de ingeschreven cirkel, in mm;
- t_{pl} is de glasdikte van enkel glas volgens hoofdstuk 7, in mm;
- $t_{pl;i}$ is de glasdikte van glasplaat i volgens hoofdstuk 7, in mm.

9 Toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand

9.1 Doorbuiging zijden bij isolatieglas

(1) De maximale doorbuiging van de zijden van isolatieglas moet zodanig beperkt blijven dat er sprake blijft van een hermetisch gesloten spouw.

OPMERKING 1 Als de maximale doorbuiging ter plaatse van de zijden van de ruit voldoet aan vergelijking (11), mag ervan uit worden gegaan dat aan de boven gestelde eis is voldaan.

$$u_{\max} \leq \frac{l_z}{200} \quad (11)$$

waarin:

u_{\max} is de maximale doorbuiging van de zijde van de ruit, in mm;

l_z is de lengte van de zijde van de ruit, in mm.

OPMERKING 2 De eis aan de doorbuiging is voor isolatieglas bepaald door de eis dat de verbinding tussen de glasbladen intact moet blijven. Indien de afdichting van de ruit door een te grote doorbuiging defect raakt, is de spouw niet langer hermetisch gesloten en kan, in het slechtste geval, alleen het glasblad aan de belaste zijde de belasting opnemen.

OPMERKING 3 Afhankelijk van toegepast(e) butylrubber, afstandhouder, rugdekking en spouwbreedte kan voor bepaalde typen isolatieglas een grote doorbuiging tot schade aan de spouw aanleiding geven. Het is aan de fabrikant een verklaring van deze aard in zijn productinformatie opnemen.

9.2 Doorbuiging zijden bij enkel glas en gelaagd glas

(1) De doorbuiging van de ruit van enkel glas en van gelaagd glas moet ter plaatse van de zijden voldoen aan vergelijking (12).

$$u_{\max} \leq \frac{l_z}{100} \quad (12)$$

waarin:

u_{\max} is de maximale doorbuiging van de zijde van de ruit, in mm;

l_z is de lengte van de zijde van de ruit, in mm.

9.3 Doorbuiging in het midden van de ruit

(1) De doorbuiging van de ruit in het middenvlak van de ruit moet voldoen aan vergelijking (13).

$$u_{\text{dia,max}} \leq \frac{l_{\text{dia}}}{65} \leq 50 \quad (13)$$

waarin:

$u_{\text{dia,max}}$ is de maximale doorbuiging in het midden van de ruit, in mm;

l_{dia} is de grootste diagonaal van de ruit, in mm.

OPMERKING Voor de toetsing van de bruikbaarheidsgrenstoestand hoeft geen rekening te zijn gehouden met de isochore druk.

Bijlage A

(normatief)

Belastingsduur

Tabel A.1 — Factor voor de belastingsduur k_{mod}

Belasting	Factor k_{mod} ^a			Belastingsduur t
	10	18	27	
Wind	1	1	1	5 s
Regenwater	0,44	0,48	0,61	1 maand
Sneeuw	0,44	0,48	0,61	1 maand
Eigen gewicht	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode
Isochore druk door:				
— atmosferische omstandigheden	0,57	0,60	0,71	12 h
— hoogteverschillen	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode
Daken boven het maaiveld begaanbaar voor reparatie en onderhoud met:				
— verdeelde belasting	0,52	0,56	0,68	48 h
— lijnvormige belasting	0,66	0,69	0,78	1 h
— geconcentreerde belasting	0,66	0,69	0,78	1 h
— verdeelde, lijnvormige en geconcentreerde belasting na 1-zijdige laterale breuk	0,77	0,80	0,86	5 min
Daken van ruimten onder het maaiveld	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode
Afscheidingen bij een hoogteverschil volgens NEN-EN 1991-1-1+C1/NB	0,95	0,96	0,97	10 s
	0,86	0,87	0,91	1 min
OPMERKING De verwijzing naar NEN-EN 1991-1-1+C1/NB komt overeen met tabel 9 van de ingetrokken NEN 6702:2007.	0,77	0,80	0,86	5 min
	0,54	0,58	0,70	24 h
	0,48	0,52	0,65	7 × 24 h
Vloeren en balkons	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode
Ontsluitingswegen	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode
Overige veranderlijke belastingen	0,29	0,34	0,48	Referentieperiode

^a c is de corrosieconstante volgens tabel 5.

Bijlage B

(informatief)

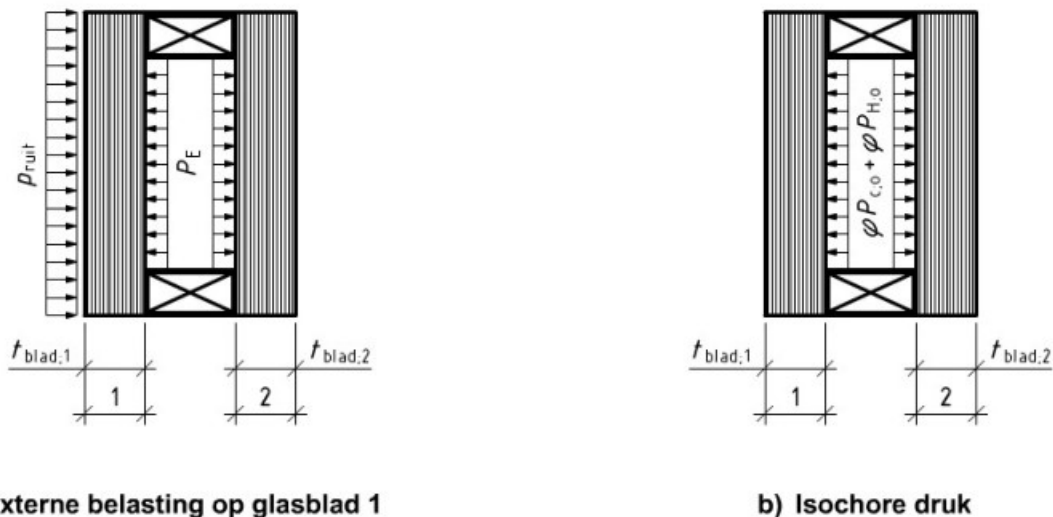
Belastingsverdeling over glasbladen van isolerend dubbelglas

B.1 Inleiding

(1) De belasting op het glasblad van isolerend dubbelglas bestaat uit de externe belastingen en de belasting door isochore druk in de spouw.

(2) Door de hermetisch gesloten spouw mag zijn uitgegaan van een bepaalde mate van samenwerking tussen de twee glasbladen en mag de externe belasting over beide glasbladen van een rechthoekige ruit zijn verdeeld volgens B.2.

(3) De isochore druk in de spouw is een alzijdige druk en resulteert in een belasting op het glasblad volgens B.3.



Figuur B.1 — Verdeling belasting bij isolerend dubbelglas

B.2 Verdeling externe belasting over binnen- en buitenblad

B.2.1 Vlaklast

(1) De druk in de spouw van isolerend dubbelglas P_E door een externe gelijkmatig verdeelde belasting p_{ruit} met lastvlak $B \times H$ die aangrijpt op glasblad 1, mag zijn berekend met vergelijking (B.1).

$$P_E = (1 - \varphi) \times \frac{t_{\text{blad},2;\text{ser}}^3}{t_{\text{blad},1;\text{ser}}^3 + t_{\text{blad},2;\text{ser}}^3} \times p_{\text{ruit}} \quad (\text{B.1})$$

waarin:

P_E is de interne druk in de spouw door de externe belasting op glasblad 1, in kN/m^2 ;

φ is de isolatiefactor voor isolerend dubbelglas volgens B.4;

p_{ruit} is de externe gelijkmatig verdeelde vlakbelasting op glasblad 1, in kN/m^2 ;

$t_{\text{blad};1;\text{ser}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad 1 in de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens F.2.1(2), in mm;

$t_{\text{blad};2;\text{ser}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad 2 in de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens F.2.1(2), in mm.

B.2.2 Lijnlast, puntlast en geconcentreerde belasting

(1) De druk in de spouw van isolerend dubbelglas, P_E , door een externe belasting die aangrijpt op glasblad 1, zie ook figuur B.1, mag zijn berekend met vergelijking (B.2).

$$P_E = \varphi \times \frac{V'}{V} \times 10^3 \quad (\text{B.2})$$

waarin:

φ is de isolatiefactor voor isolerend dubbelglas volgens B.4;

$$V' = \frac{1,0951 \times 10^{-3} \times F_E \times B \times H}{B_1 \times H_1 \times t_{\text{blad};1;\text{ser}}^3} \times \sum_{m=1,3,\dots}^{m=9} \sum_{n=1,3,\dots}^{n=9} \frac{\sin \frac{m \times \pi \times x}{B} \times \sin \frac{n \times \pi \times y}{H} \times \sin \frac{m \times \pi \times B_1}{2 \times B} \times \sin \frac{n \times \pi \times H_1}{2 \times H}}{(m \times n)^2 \times \left(\frac{m^2}{B^2} + \frac{n^2}{H^2} \right)^2} \quad (\text{B.3})$$

$$V = B \times H \times s \quad (\text{B.4})$$

waarbij:

$$F_E = F_{\text{ruit}} \quad \text{voor geconcentreerde belasting met lastvlak } H_1 \times B_1 \quad (\text{B.5a})$$

$$F_E = q_{\text{ruit}} \times \frac{B_1}{10^3} \quad \text{voor lijnlast met lengte } B_1 \text{ en breedte } H_1 \quad (\text{B.5b})$$

$$F_E = \frac{q_{\text{ruit}} \times H_1}{10^3} \quad \text{voor lijnlast met lengte } H_1 \text{ en breedte } B_1 \quad (\text{B.5c})$$

$$F_E = p_{\text{ruit}} \times \frac{B_1 \times H_1}{10^6} \quad \text{voor vlaklast met lastvlak } H_1 \times B_1 \quad (\text{B.5d})$$

waarin:

B is de breedte van de ruit, in mm;

B_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde B volgens figuur B.2, in mm;

F_E is de equivalente belasting, in kN;

OPMERKING De equivalente belasting is de resultante van de optredende belasting.

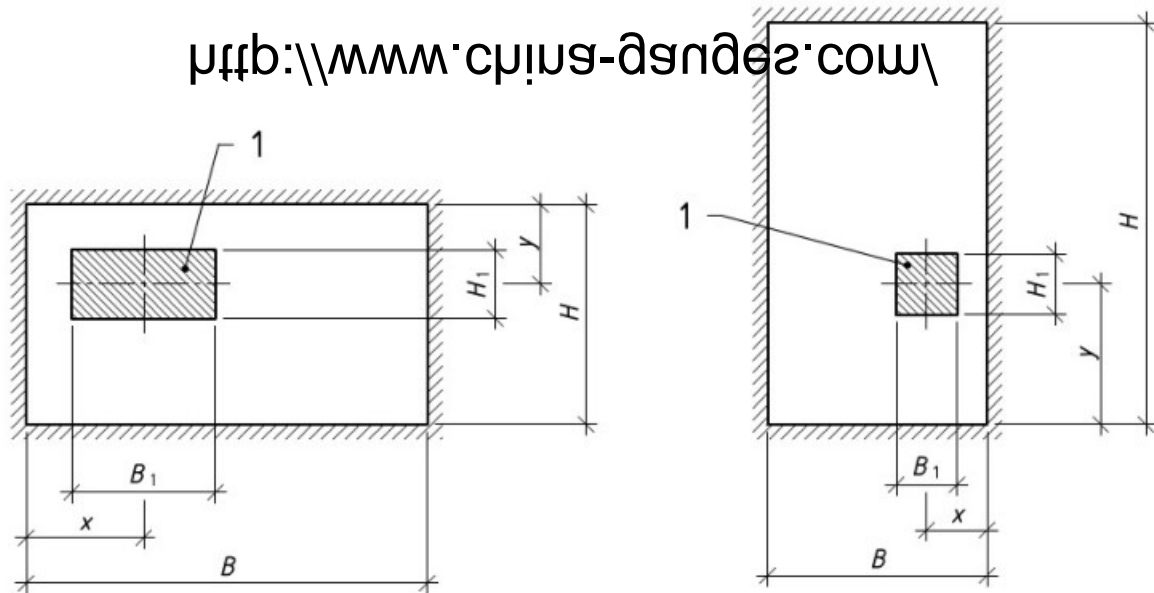
F_{ruit} is de externe geconcentreerde belasting op glasblad 1 met lastvlak $B_1 \times H_1$, in kN;

H is de lengte van de ruit, in mm;

H_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde H volgens figuur B.2, in mm;

P_E is de druk in de spouw ten gevolge van volumeverandering door externe belastingen, in kN/m^2 ;

- p_{ruit} is de externe gelijkmatig verdeelde vlakbelasting op glasblad 1, in kN/m^2 ;
- q_{ruit} is de externe gelijkmatig verdeelde lijnvormige belasting op glasblad 1, in kN/m ;
- s is de spouwbreedte, in mm ;
- V is de inhoud van de spouw, in mm^3 ;
- V' is de verandering van de inhoud van de spouw, in mm^3 .



Legenda

1 lastvlak

Figuur B.2 — Aangrijpingspositie externe belasting op rechthoekige ruit

B.3 Representatieve belasting door isochore druk

(1) De belasting op de glasbladen van isolerend dubbelglas door isochore druk is gelijk aan

$$p_{c;rep} = \varphi \times P_{c;o} \tag{B.6}$$

$$p_{H;rep} = \varphi \times P_{H;o} \tag{B.7}$$

waarin:

- $p_{c;rep}$ is de representatieve belasting op het glasblad van isolerend dubbelglas door isochore druk door klimatologische omstandigheden, in kN/m^2 ;
- $p_{H;rep}$ is de representatieve belasting op het glasblad van isolerend dubbelglas door isochore druk door hoogteverschillen, in kN/m^2 ;
- φ is de isolatiefactor voor isolerend dubbelglas volgens B.4;
- $P_{c;o}$ is de isochore druk door klimatologische omstandigheden volgens 6.2, in kN/m^2 ;
- $P_{H;o}$ is de isochore druk door hoogteverschillen volgens 6.3, in kN/m^2 .

B.4 Isolatiefactor voor isolerend dubbelglas

(1) De isolatiefactor mag zijn berekend met vergelijking (B.8).

$$\varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{a}{a'}\right)^4} \quad \text{voor rechthoekige ruit} \quad (\text{B.8})$$

waarbij:

$$a' = 28,9 \times \left(\frac{s \times t_{\text{blad},1;\text{ser}}^3 + t_{\text{blad},2;\text{ser}}^3}{t_{\text{blad},1;\text{ser}}^3 + t_{\text{blad},2;\text{ser}}^3} \times \chi \right)^{0,25} \quad (\text{B.9})$$

$$\chi = \left(\frac{z_1}{16} \right) \times \left(0,4198 + 0,22 \times e^{\left(-6,8 \times \left(\frac{a}{b} \right)^{1,33} \right)} \right) \times \left(\frac{b}{a} \right)^2 \quad (\text{B.10})$$

$$z_1 = 181,8 \times \left(\frac{a}{b} \right)^2 \times \left(0,00406 + 0,00896 \times \left(1 - e^{\left(-1,123 \times \left(\frac{b}{a} - 1 \right)^{1,097} \right)} \right) \right) \quad (\text{B.11})$$

waarin:

- a is de lengte van de kortste zijde van de rechthoekige ruit, in mm;
- a' is de voor de spouw karakteristieke lengte van de rechthoekige ruit, in mm;
- b is de lengte van de langste zijde van de rechthoekige ruit, in mm;
- $t_{\text{blad},1;\text{ser}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad 1 in de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens F.2.1(2), in mm;
- $t_{\text{blad},2;\text{ser}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad 2 in de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens F.2.1(2), in mm;
- χ is de vormfactor bij de karakteristieke lengte van de ruit volgens vergelijking (B.10);
- φ is de isolatiefactor voor isolerend dubbelglas volgens B.4.

OPMERKING Voor de belasting die de druk in de spouw geeft op glasblad 1 wordt gerekend met $-\varphi$ en voor de belasting op glasblad 2 wordt gerekend met φ .

Bijlage C

(informatief)

Koppelingsfactor gelaagd glas

C.1 Koppelingsfactor

(1) Voor de berekening van de koppelingsfactoren ω_w en ω_σ voor rechthoekige ruiten kunnen de vergelijkingen (C.1) en (C.2) zijn aangehouden.

(2) Bij wringing zijn de vergelijkingen (C.1) en (C.2) niet van toepassing.

OPMERKING 1 De koppelingsfactor beschrijft de mate van koppeling (samenwerking) tussen de glasplaten van gelaagd glas. Bij de bepaling van de koppelingsfactor wordt onderscheid gemaakt tussen de uiterste grenstoestand (ω_σ) voor de spanningscontrole en de bruikbaarheidsgrenstoestand (ω_w) voor de vervormingsberekening.

$$\omega_w = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_w}} \quad (\text{C.1})$$

$$\omega_\sigma = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{L_\sigma}} \quad (\text{C.2})$$

waarbij:

$$\beta = \frac{1}{2} \times \frac{\pi^2}{L_A^2} \times \frac{E_g}{1 - \nu_g^2} \times \frac{X}{G_{II}} \quad (\text{C.3})$$

waarin:

ω_σ is de koppelingsfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij spanning, waarbij $0 \leq \omega_\sigma \leq 1$;

ω_w is de koppelingsfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij buiging, waarbij $0 \leq \omega_w \leq 1$;

L_σ is de vormfactor bij spanning afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

OPMERKING 2 Zie ook C.4.

L_w is de vormfactor bij buiging afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

OPMERKING 3 Zie ook C.4.

L_A is de vormfactor afhankelijk van de lengte en de breedte van de ruit volgens C.4;

E_g is de elasticiteitsmodulus van glas volgens 5.3, in N/mm^2 ;

ν_g is het poissongetal van glas, waarbij $\nu_g = 0,23$;

G_{II} is de glijdingsmodulus van de tussenlaag, in N/mm^2 ;

OPMERKING 4 Voor de berekening van de glijdingsmodulus van standaard PVB-folie mag C.2 zijn aangehouden.

X is de maximale waarde van de uitkomst van de vergelijkingen (C.4a) en (C.4b), in mm^2 .

$$X = \sum_{i=1}^{n-1} (t_{pl;i} \times t_{v;i}) \quad (\text{C.4a})$$

$$X = \sum_{i=2}^n (t_{pl;i} \times t_{v;i-1}) \quad (\text{C.4b})$$

waarin:

- n is het aantal glasplaten;
- $t_{pl;i}$ is de glasdikte van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$), in mm op één decimaal nauwkeurig, bepaald volgens hoofdstuk 7;
- $t_{v;i}$ is de dikte van de tussenlaag (met $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$), in mm op één decimaal nauwkeurig.

OPMERKING 5 Voorbeeld voor bepaling van de waarde X .

Een ruit van gelaagd glas bestaat uit drie glasplaten ($n = 3$), 4 mm ($t_{pl;1} = 3,8$ mm) floatglas + 0,8 mm PVB + 5 mm ($t_{pl;2} = 4,8$ mm) floatglas + 1,1 mm PVB + 6 mm ($t_{pl;3} = 5,8$ mm) floatglas.

Volgens vergelijking (C.4a): $X = (3,8 \times 0,8) + (4,8 \times 1,1) = 8,32 \text{ mm}^2$.

Volgens vergelijking (C.4b): $X = (4,8 \times 0,8) + (5,8 \times 1,1) = 10,22 \text{ mm}^2$.

De te rekenen waarde voor X is dan $10,22 \text{ mm}^2$.

C.2 Glijdingsmodulus tussenlaag

(1) Voor de berekening van de glijdingsmodulus bij de bepaling van buig- en normaalspanning mogen de vergelijkingen (C.5) en (C.6) zijn aangehouden.

OPMERKING 1 Op $t = 0$ is de glijdingsmodulus onafhankelijk van de temperatuur.

$$G_{tl} = G_{\infty} + (G_0 - G_{\infty}) \times \sum_{i=1}^n \left((G_i / G_0) \times e^{-t/\tau_{T,i}} \right) \quad (\text{C.5})$$

$$\tau_{T,i} = 10 \left(\frac{C_1 \times (T_g - T_0)}{C_2 + (T_g - T_0)} \right) \times \tau_{ref,i} \quad (\text{C.6})$$

waarin:

- G_{tl} is de glijdingsmodulus van de tussenlaag, in N/mm^2 ;
- C_1 is een constante voor de tussenlaag;
- C_2 is een constante voor de tussenlaag;
- G_{∞} is de plateauwaarde van de glijdingsmodulus, in N/mm^2 ;
- G_0 is de maximale waarde van de glijdingsmodulus, in N/mm^2 ;
- G_i is de waarde van de glijdingsmodulus behorende bij $\tau_{T,i}$, in N/mm^2 ;
- n is de iteratiefactor;

- $\tau_{T,i}$ is de relaxatietijd van de tussenlaag bij temperatuur T_g , in s;
- $\tau_{ref,i}$ is de relaxatietijd van de tussenlaag bij temperatuur $T_g = T_0$, in s;
- t is de belastingsduur volgens bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingscombinatie, in s;
- T_0 is de constante voor het materiaal in het williams-landel-ferry-model (WLF), in °C;
- T_g is de temperatuur van het glas tijdens belasten, in °C, waarbij $T_g = 17$ °C.

OPMERKING 2 De waarden voor T_0 en G_0 aflezen uit tabel C.1 en voor G_∞ aflezen uit tabel C.2. De waarden voor $\tau_{ref,i}$ aflezen uit tabel C.1 en voor $\tau_{T,i}$ aflezen uit tabel C.2.

Tabel C.1 — Factoren standaard PVB-folie

WLF-constanten	C_1	20,7
	C_2	91,1
	T_0 in °C	20
Glijdingsmodulus in N/mm²	G_0	471
	G_∞	0,05
i	(G_i/G_0)	Relaxatietijd $\tau_{ref,i}$ s
1	$1,606 \cdot 10^{-1}$	$3,255 \cdot 10^{-11}$
2	$7,877 \cdot 10^{-2}$	$4,941 \cdot 10^{-9}$
3	$2,912 \cdot 10^{-1}$	$7,242 \cdot 10^{-8}$
4	$7,115 \cdot 10^{-2}$	$9,863 \cdot 10^{-6}$
5	$2,688 \cdot 10^{-1}$	$2,805 \cdot 10^{-3}$
6	$8,958 \cdot 10^{-2}$	$1,644 \cdot 10^{-1}$
7	$3,018 \cdot 10^{-2}$	2,264 8
8	$7,605 \cdot 10^{-3}$	$3,536 \cdot 10^1$
9	$9,634 \cdot 10^{-4}$	$9,367 \cdot 10^3$
10	$4,059 \cdot 10^{-4}$	$6,414 \cdot 10^5$
11	$6,143 \cdot 10^{-4}$	$4,134 \cdot 10^7$
<p>OPMERKING 1 De waarden in de tabel gelden alleen bij $10 \text{ °C} \leq T_g \leq 70 \text{ °C}$.</p> <p>OPMERKING 2 De dikte van de PVB-tussenlaag is 0,38 mm of een veelvoud van 0,38 mm.</p> <p>OPMERKING 3 Onder standaard PVB-folie wordt verstaan een polymeerfilm bestaande uit polyvinylbutyral, weekmaker (25 % – 30 %) en additieven. De glaslaminaten die hiermee zijn gemaakt voldoen aan de NEN-EN-ISO 12543-reeks en de opbouw 4/0.76pvb/4 voldoet aan NEN-EN 12600 klasse 1(B)1. Het betreft hier zowel blanke als gekleurde folies.</p>		

Tabel C.2 — Factoren ionoplastfolie (SentryGlas Plus)

WLF-constanten	C_1	135
	C_2	600
	T_0 in °C	25
Glijdingsmodulus in N/mm ²	G_0	375
	G_∞	0,5
		Relaxatietijd $\tau_{ref,i}$ s
1	$1,271 0 \times 10^{-1}$	$5,991 0 \times 10^{-12}$
2	$1,081 0 \times 10^{-1}$	$6,239 8 \times 10^{-10}$
3	$8,897 0 \times 10^{-2}$	$7,135 5 \times 10^{-8}$
4	$9,431 7 \times 10^{-2}$	$2,199 8 \times 10^{-5}$
5	$1,150 0 \times 10^{-1}$	$2,934 6 \times 10^{-3}$
6	$1,344 0 \times 10^{-1}$	$4,620 0 \times 10^{-1}$
7	$1,321 0 \times 10^{-1}$	$3,444 0 \times 10^1$
8	$9,538 8 \times 10^{-2}$	$8,336 0 \times 10^2$
9	$5,707 1 \times 10^{-2}$	$2,467 8 \times 10^4$
10	$2,768 2 \times 10^{-2}$	$8,071 3 \times 10^5$
11	$1,204 2 \times 10^{-2}$	$5,897 1 \times 10^7$
12	$7,743 0 \times 10^{-3}$	$9,443 3 \times 10^{10}$
OPMERKING De waarden in de tabel gelden alleen bij $5^\circ\text{C} \leq T_g \leq 65^\circ\text{C}$.		

C.3 Elasticiteitsmodulus standaard PVB-folie

(1) De elasticiteitsmodulus van standaard PVB-folie mag zijn berekend met vergelijking (C.7).

$$E_{PVB} = 2 \times (1 + \nu_{PVB}) \times G_{PVB} \quad (\text{C.7})$$

waarin:

E_{PVB} is de elasticiteitsmodulus van standaard PVB-folie, in N/mm²;

ν_{PVB} is het poissongetal van standaard PVB-folie, waarbij $\nu_{PVB} = 0,5$;

G_{PVB} is de glijdingsmodulus van standaard PVB-folie volgens C.2, in N/mm².

C.4 Vormfactoren

C.4.1 Vormfactoren voor een vierzijdig opgelegde rechthoekige ruit

(1) Voor de berekening van de vormfactoren, L_A , L_w en L_σ voor een vierzijdig opgelegde rechthoekige ruit kunnen de vergelijkingen (C.8), (C.9) en (C.10) zijn aangehouden.

$$L_A^2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{B^2} + \frac{1}{H^2}\right)} \quad (\text{C.8})$$

$$L_w = k_w \times \left(\frac{2 \times a}{z}\right)^{-0,04354} \quad (\text{C.9})$$

$$L_\sigma = k_\sigma \times \left(\frac{2 \times a}{z}\right)^{-0,60906} \quad (\text{C.10})$$

waarbij:

$$z = \frac{B_1 + H_1}{2} \quad (\text{C.11})$$

waarin:

L_A is de vormfactor afhankelijk van de lengte en de breedte van de ruit, in mm;

B is de breedte van de ruit, in mm;

H is de lengte van de ruit, in mm;

L_w is de vormfactor bij buiging afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

a is de lengte van de kortste zijde van de rechthoekige ruit, in mm;

k_w is de factor volgens tabel C.3;

L_σ is de vormfactor bij spanning afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

k_σ is de factor volgens tabel C.3;

B_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde B , in mm;

H_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde H , in mm.

C.4.2 Vormfactoren voor een tweezijdig opgelegde rechthoekige ruit

(1) Voor de berekening van de vormfactoren L_A , L_w en L_σ voor een tweezijdig opgelegde rechthoekige ruit kunnen de vergelijkingen (C.12), (C.13) en (C.14) zijn aangehouden.

(2) De opleggingen zijn tegenovergesteld gepositioneerd, als zijnde een ligger op twee steunpunten.

$$L_A^2 = l_o^2 \quad (C.12)$$

$$L_w = 1,002 \times \left(\frac{2 \times l_o}{z} \right)^{-0,04354} \quad (C.13)$$

$$L_\sigma = 1,832 \times \left(\frac{2 \times l_o}{z} \right)^{-0,60906} \quad (C.14)$$

waarbij:

$$z = \frac{B_1 + H_1}{2} \quad (C.15)$$

waarin:

L_A is de vormfactor afhankelijk van de lengte en de breedte van de ruit;

l_o is de lengte van de ongesteunde zijde van de ruit, in mm;

L_w is de vormfactor bij buiging afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

L_σ is de vormfactor bij spanning afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;

B_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde B , in mm;

H_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde H , in mm.

C.4.3 Vormfactoren voor driezijdig opgelegd glas

(1) Voor de berekening van de vormfactoren voor driezijdig opgelegde rechthoekige ruit kunnen de vergelijkingen (C.16), (C.17) en (C.18) zijn aangehouden.

$$L_A^2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{B^2} + \frac{1}{H^2} \right)} \times (1 - \theta) + l_o^2 \times \theta \quad (C.16)$$

$$L_w = k_w \times \left(\frac{2 \times a}{z} \right)^{-0,04354} \times (1 - \theta) + 1,002 \times \left(\frac{2 \times l_o}{z} \right)^{-0,04354} \times \theta \quad (C.17)$$

$$L_\sigma = k_\sigma \times \left(\frac{2 \times a}{z} \right)^{-0,60906} \times (1 - \theta) + 1,832 \times \left(\frac{2 \times l_o}{z} \right)^{-0,60906} \times \theta \quad (C.18)$$

waarbij:

$$\theta = \frac{l - y}{l - x} \leq 1 \quad (C.19)$$

$$z = \frac{B_1 + H_1}{2} \quad (C.20)$$

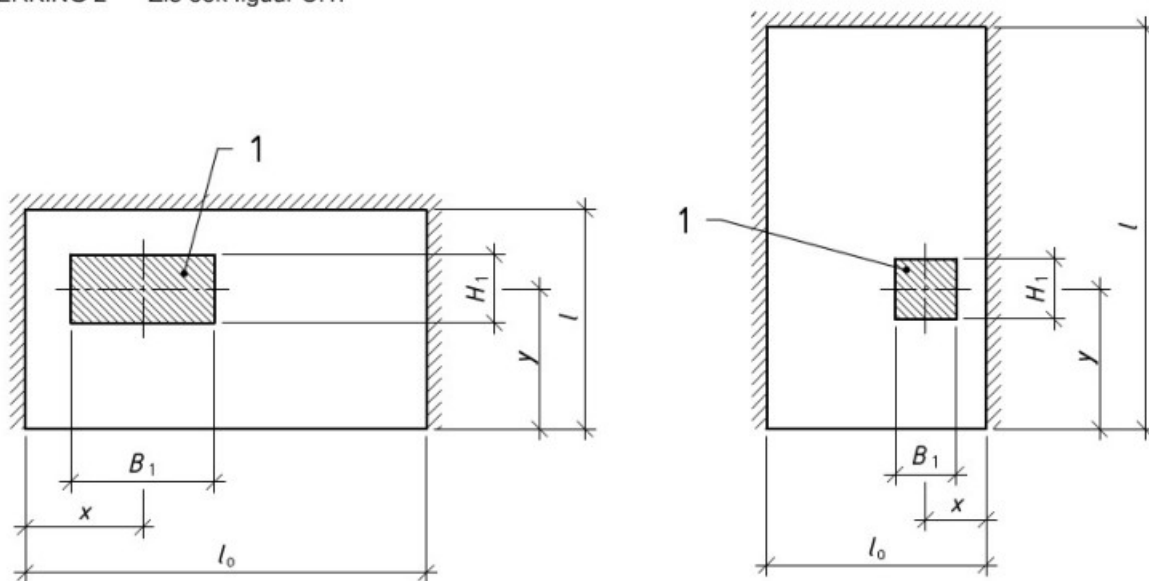
waarin:

- L_A is de vormfactor afhankelijk van de lengte en de breedte van de ruit;
- B is de breedte van de ruit, in mm;
- H is de lengte van de ruit, in mm;
- l_o is de lengte van de ongesteunde zijde van de ruit, in mm;
- L_w is de vormfactor bij buiging afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;
- k_w is de factor bij buiging volgens tabel C.3;
- a is de lengte van de kortste zijde van de rechthoekige ruit, in mm;
- L_σ is de vormfactor bij spanning afhankelijk van de vorm en oplegging van de ruit;
- k_σ is de factor bij spanning volgens tabel C.3;

OPMERKING 1 De factoren k_w en k_σ zijn ontleend aan het TNO-rapport DMP-RPT-03-0192 *Samenwerking in gelamineerd glas* d.d. 6 mei 2003.

- l is de lengte van de ruit loodrecht op l_o , in mm;
- y is de afstand van zijde l_o naar het midden van het lastvlak evenwijdig aan zijde l volgens figuur C.1, in mm;
- x is de kleinste afstand van zijde l tot het midden van het lastvlak volgens figuur C.1, in mm, waarbij $\frac{x}{l} \leq 0,5$;
- B_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde l_o , in mm;
- H_1 is de lengte van het lastvlak parallel aan zijde l , in mm.

OPMERKING 2 Zie ook figuur C.1.



Legenda

1 belast gedeelte van de ruit (= lastvlak)

Figuur C.1 — Voorbeeld driezijdig opgelegde rechthoekige ruit

Tabel C.3 — Factoren k_w en k_σ

$\frac{B}{H}$	k_w	k_σ
$\leq 0,3$	0,893	1,697
0,4	0,895	1,697
0,5	0,925	1,726
0,6	0,944	1,747
0,7	0,965	1,773
0,8	0,982	1,800
0,9	0,994	1,815
1,0	1,002	1,832
1,1	0,998	1,832
1,2	0,993	1,832
1,3	0,986	1,829
1,4	0,978	1,822
1,5	0,970	1,808
1,6	0,961	1,793
1,7	0,952	1,776
1,8	0,943	1,759
1,9	0,934	1,742
2,0	0,925	1,726
2,1	0,917	1,713
2,2	0,910	1,703
2,3	0,903	1,698
2,4	0,898	1,697
2,5	0,895	1,697
$\geq 2,6$	0,893	1,697

OPMERKING Tussenliggende waarden voor k_w en k_σ mogen zijn bepaald met lineaire interpolatie.

C.4.4 Puntgehouden ruit of puntvormig opgelegde ruit

(1) In de zones A van figuur C.2 mag voor alle belastingen en belastingsduren zijn gerekend met $\omega_w = 0$ en $\omega_\sigma = 0$.

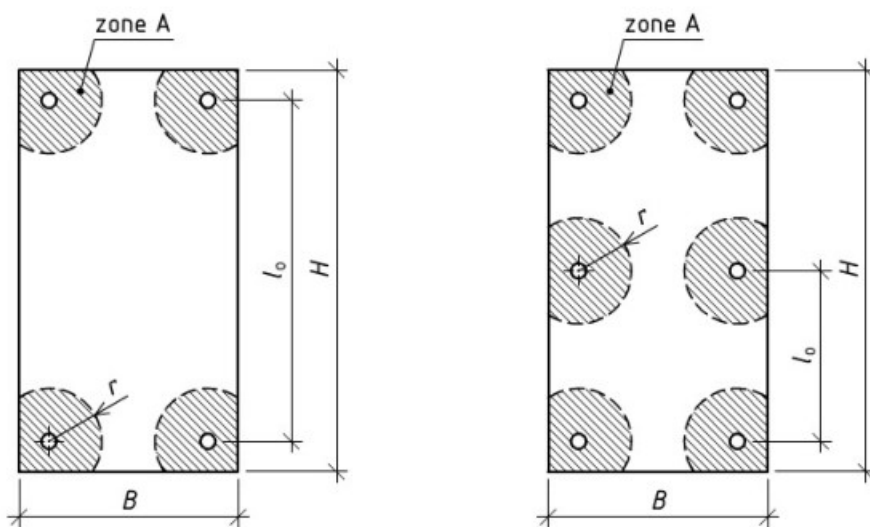
$$r = 10 \times t_{pl,max} \tag{C.21}$$

waarin:

r is de radius van de ingeschreven cirkel volgens figuur C.2;

$t_{pl,max}$ is de glasdikte van de thinnest glass paneel of laagste glas

(2) Voor het overige deel mag voor de berekening van ω_w en ω_σ de ruit zijn beschouwd als een tweezijdig opgelegde rechthoekige ruit waarbij l_0 afhankelijk is van het aantal oplegpunten volgens figuur C.2.



Figuur C.2 — Puntgehouden ruit

C.4.5 Overige oplegmethodes

OPMERKING Voor overige situaties zijn geen vormfactoren beschikbaar.

Bijlage D

(normatief)

Risicoanalyse

D.1 Algemeen

(1) De methode is bedoeld om het risico op schade en het risico op letsel, veroorzaakt door een calamiteit te bepalen.

OPMERKING 1 Deze methode is gebaseerd op de methode van Fine en Kinney.

OPMERKING 2 De methode is gebaseerd op de waarschijnlijkheid van het ontstaan van een schade, de blootstelling van de toepassing en de gevolgen van die schade. De hoogte van dit risico wordt in relatie gebracht met een niveau van schade aan het glaselement en het risico op letsel.

D.2 Methode

D.2.1 Risico op schade

(1) Om de mate van beschadiging van het constructief element te kunnen bepalen moet stap 1 t.m. 3, als beschreven bij (4), zijn toegepast.

(2) Een aanvalszijde is een zijde van het constructief element waar schade kan worden toegebracht aan het constructief element.

(3) Schade aan een constructief element kan alleen optreden wanneer deze bereikbaar is vanuit de beschouwde aanvalszijde.

OPMERKING Bij bijvoorbeeld een vloer of wand van gelaagd glas met een $RS < 70$ kan in dit model alleen een laterale schade aan één zijde ontstaan. Schade aan twee zijden is in dit geval niet mogelijk omdat de andere zijde van de vloer niet bereikbaar is vanuit de beschouwde aanvalszijde. Let op: indien de vloer ook aan de andere zijde bereikbaar is voor een aanval, zal deze separaat moeten zijn beschouwd. De maatgevende situatie zal moeten zijn beschouwd in 5.4(3) en (5). Indien het beschadigde constructief element niet direct wordt hersteld volgens 5.4(7), behoort 5.4(3) te zijn toegepast, rekening houdend met de schade ontstaan uit schade vanuit beide aanvalszijden.

(4) De volgende stappen worden onderscheiden:

- 1) Bepaal de aanvalszijden van het constructief element;
- 2) Bepaal per aanvalszijde het risico op schade, RS volgens vergelijking (D.1);
- 3) Bepaal per aanvalszijde de parameters voor de mate van beschadiging van het constructief element volgens tabel D.1.

$$RS = WS \times BS \times ES \quad (D.1)$$

waarin:

RS is het risico op schade;

WS is de waarschijnlijkheid van schade met of zonder opzet volgens tabel D.2;

BS is de mate van blootstelling aan het risico op schade volgens tabel D.3;

ES is de ernst van de gevolgen door breuk van het constructief element volgens tabel D.4.

D.2.2 Risico op letsel

(1) Om de mate van risico op letsel te kunnen bepalen moeten stap 1 en 2, als beschreven bij (2), zijn toegepast.

(2) De volgende stappen worden onderscheiden:

- 1) Bepaal de aanvalszijden van het vlakglas;
- 2) Bepaal het risico op letsel, RL , aan aanvalszijde en niet aanvalszijde, volgens vergelijking (D.2);

$$RL = WS \times BS \times ES \quad (D.2)$$

waarin:

RL is het risico op letsel;

WS is de waarschijnlijkheid van schade met of zonder opzet volgens tabel D.2;

BS is de mate van blootstelling aan het risico op schade volgens tabel D.3;

ES is de ernst van de gevolgen door breuk van het constructief element volgens tabel D.4.

Tabel D.1 — Bepaling schade aan constructief element

Risico	Schade aan constructief element
$RS < 70$	Laterale breuk aan één zijde
$70 < RS < 400$	Laterale breuk aan twee zijden
$RS > 400$	Complete breuk van het constructief element

Tabel D.2 — Bepaling waarschijnlijkheid van schade met opzet of zonder opzet

	WS
Onmogelijk	0,1
Praktisch onmogelijk	0,2
Beschouwbaar, maar zeer onwaarschijnlijk	0,5
Alleen mogelijk op langere termijn	1
Ongewoon, maar mogelijk	3
Goed mogelijk	6
Kan worden verwacht	10

Tabel D.3 — Bepaling mate van blootstelling aan het risico op schade

	BS
Zeer zelden	0,5
Enkele malen per jaar	1
Maandelijks	2
Wekelijks	3
Dagelijks	6
Voortdurend	10

http://www.cpius-grades.com/

Tabel D.4 — Bepaling ernst van de gevolgen bij breuk

	ES
Geen behandeling spoedeisende hulp	0,1
Licht letsel, behandeling spoedeisende hulp, zonder verzuim	1
Licht letsel, behandeling spoedeisende hulp, met verzuim	3
Zwaar letsel, behandeling door arts en lange nazorg	7
Eén dode	15
Meer dan één dode	40
Catastrofe, vele doden	100

Bijlage E

(informatief)

Nominale glasdikte minus maximale tolerantie

Tabel E.1 — Floatglas

Nominale glasdikte mm	Minimale glasdikte t_{pl} mm		
	Ongehard ^a	Thermisch versterkt ^b	Thermisch gehard veiligheidsglas ^c
3	2,8	2,8	2,8
4	3,8	3,8	3,8
5	4,8	4,8	4,8
6	5,8	5,8	5,8
8	7,7	7,7	7,7
10	9,7	9,7	9,7
12	11,7	11,7	11,7
15	14,5	–	14,5
19	18,0	–	18,0

^a Zie NEN-EN 572-2, tabel 1.
^b Zie NEN-EN 1863-1, tabel 1.
^c Zie NEN-EN 12150-1, tabel 1..

Tabel E.2 — Gegoten figuurglas

Nominale glasdikte mm	Minimale glasdikte, t_{pl} mm		
	Ongehard ^a	Thermisch versterkt ^b	Thermisch gehard veiligheidsglas ^c
3	2,5	2,5	2,5
4	3,5	3,5	3,5
5	4,5	4,5	4,5
6	5,5	5,5	5,5
8	7,2	7,2	7,2
10	9,0	–	9,0

^a Zie NEN-EN 572-5, tabel 1.
^b Zie NEN-EN 1863-1, tabel 1.
^c Zie NEN-EN 12150-1, tabel 1.

Bijlage F (informatief)

Equivalentente glasdikte

F.1 Gelaagd glas

(1) De equivalentente glasdikte van gelaagd glas in de uiterste grenstoestand mag zijn bepaald met de vergelijkingen (F.1) en (F.2).

OPMERKING 1 Een ruit van gelaagd glas bestaat uit één glasblad met n glasplaten.

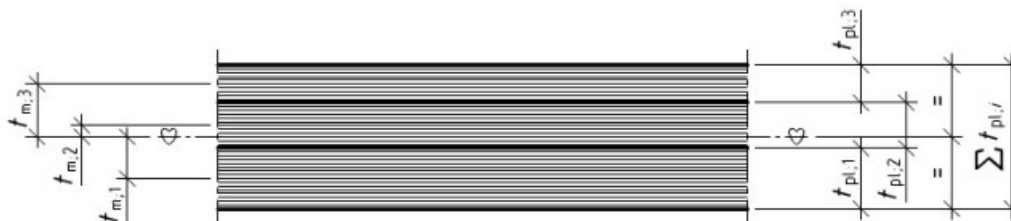
$$t_{gg;u} = \text{MIN} (t_{gg;i;u}) \tag{F.1}$$

waarin:

$$t_{gg;i;u} = \sqrt[3]{\frac{(1 - \omega_{\sigma}) \times \sum_{j=1}^n t_{pl;j}^3 + \omega_{\sigma} \times \left(\sum_{j=1}^n t_{pl;j}\right)^3}{t_{pl;i} + 2 \times \omega_{\sigma} \times t_{m;i}}} \tag{F.2}$$

waarin:

- $t_{gg;u}$ is de equivalentente glasdikte van gelaagd glas in de uiterste grenstoestand, in mm;
- $t_{gg;i;u}$ is de rekenwaarde van de glasdikte van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$) in gelaagd glas in de uiterste grenstoestand, in mm;
- ω_{σ} is de koppelingfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij spanning, waarbij $0 \leq \omega_{\sigma} \leq 1$;
- $t_{pl;i}$ is de glasdikte van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$) volgens hoofdstuk 7, in mm;
- $t_{pl;j}$ is de glasdikte van glasplaat j (met $j = 1, 2, 3, \dots, n$) volgens hoofdstuk 7, in mm;
- n is het aantal glasplaten;
- $t_{m;i}$ is de afstand tussen het midden van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$) en het midden van het glasblad, zonder rekening te houden met de dikten van de tussenlagen, in mm (zie figuur F.1).



Figuur F.1 — Gelaagd glas voor de bepaling van $t_{m;i}$

(2) De equivalentente glasdikte van een glasblad van gelaagd glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand mag zijn bepaald met vergelijking (F.3).

$$t_{gg;ser} = \sqrt[3]{(1 - \omega_w) \times \sum_{i=1}^n t_{pl;i}^3 + \omega_w \times \left(\sum_{i=1}^n t_{pl;i}\right)^3} \tag{F.3}$$

waarin:

- $t_{gg,ser}$ is de equivalente glasdikte van gelaagd glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand, in mm;
- ω_w is de koppelingsfactor van de tussenlaag of tussenlagen bij buiging, waarbij $0 \leq \omega_w \leq 1$;
- $t_{pl;i}$ is de glasdikte van glasplaat i (met $i = 1, 2, 3, \dots, n$), in mm, op één decimaal nauwkeurig, bepaald volgens hoofdstuk 7;
- n is het aantal glasplaten.

OPMERKING 2 Als er geen koppeling tussen de glasplaten is, is de koppelingsfactor gelijk aan 0. Bij volledige samenwerking tussen de glasplaten is de koppelingsfactor gelijk aan 1.

OPMERKING 3 De koppelingsfactor voor een rechthoekige ruit van gelaagd glas mag zijn bepaald volgens C.1.

F.2 Isolatieglas

F.2.1 Middenzone

(1) De equivalente glasdikte van de glasbladen van isolatieglas in de middenzone volgens figuur F.2, in de uiterste grenstoestand, mag zijn bepaald met de vergelijkingen (F.4a) en (F.4b).

$$t_{blad;j,u} = t_{pl} \quad \text{voor } n = 1 \quad (F.4a)$$

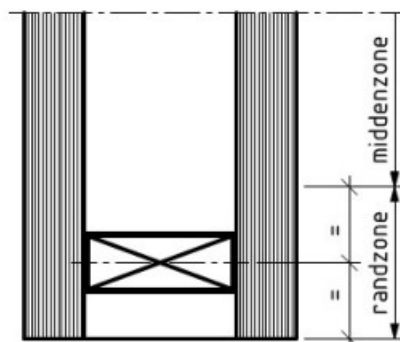
$$t_{blad;j,u} = t_{gg,u} \quad \text{voor } n > 1 \quad (F.4b)$$

waarin:

- $t_{blad;j,u}$ is de equivalente glasdikte van glasblad j (met $j = 1, 2, 3, \dots, m$) in de uiterste grenstoestand, in mm;
- t_{pl} is de glasdikte van enkel glas volgens hoofdstuk 7, in mm;
- $t_{gg,u}$ is de equivalente glasdikte van gelaagd glas in de uiterste grenstoestand volgens F.1(1), in mm;
- n is het aantal glasplaten;
- m is het aantal glasbladen.

OPMERKING 1 Een ruit van isolatieglas bestaat uit twee of meer glasbladen. Een glasblad kan bestaan uit enkel of gelaagd glas.

OPMERKING 2 De middenzone van isolatieglas is het deel van de ruit dat geen onderdeel is van de randzone van het isolatieglas, zie figuur F.2.



Figuur F.2 — Doorsnede over het kaderprofiel

(2) De equivalente glasdikte van de ruit van isolatieglas in de middenzone volgens figuur F.3, in de bruikbaarheidsgrenstoestand mag zijn bepaald met vergelijking (F.5).

$$t_{\text{ruit;ser}} = \sqrt[3]{\sum_{j=1}^m t_{\text{blad};j;\text{ser}}^3} \quad (\text{F.5})$$

waarbij:

$$t_{\text{blad};j;\text{ser}} = t_{\text{pl}} \quad \text{voor } n = 1 \quad (\text{F.6a})$$

$$t_{\text{blad};j;\text{ser}} = t_{\text{gg;ser}} \quad (\text{F.6b})$$

waarin:

$t_{\text{ruit;ser}}$ is de equivalente glasdikte van isolerend glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand, in mm;

$t_{\text{blad};j;\text{ser}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad j (met $j = 1, 2, 3, \dots, m$) in de bruikbaarheidsgrenstoestand, in mm;

t_{pl} is de glasdikte van enkel glas volgens hoofdstuk 7, in mm;

$t_{\text{gg;ser}}$ is de equivalente glasdikte van gelaagd glas in de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens F.1(2), in mm;

n is het aantal glasplaten;

m is het aantal glasbladen.

OPMERKING 3 Bij het bepalen van de doorbuiging wordt de totale equivalente dikte van de ruit meegenomen. De glasbladen worden niet afzonderlijk beschouwd.

F.2.2 Ongesteunde randzone

(1) De equivalente glasdikte van de ruit van isolatieglas in de uiterste grenstoestand in de ongesteunde randzone volgens figuur F.2 mag zijn bepaald met vergelijking (F.7).

OPMERKING 1 De randzone van isolatieglas is het deel van de ruit dat een onderdeel is van de randafdichting van het isolatieglas, zie figuur 3.

$$t_{\text{ruit;u}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m t_{\text{blad};j;\text{u}}^3}{t_{\text{blad};\text{max};\text{u}}}} \quad (\text{F.7})$$

waarin:

$t_{\text{ruit;u}}$ is de equivalente glasdikte van isolerend glas in de ongesteunde randzone in de uiterste grenstoestand, in mm;

$t_{\text{blad};j;\text{u}}$ is de equivalente glasdikte van glasblad j (met $j = 1, 2, 3, \dots, m$) in de uiterste grenstoestand volgens F.2.1(1), in mm;

$t_{\text{blad};\text{max};\text{u}}$ is de rekenwaarde van de glasdikte van het dikste glasblad in de ruit in de uiterste grenstoestand, in mm;

m is het aantal glasbladen.

OPMERKING 2 Vergelijking (F.7) is exclusief de invloed van de stijfheid en de sterkte van de afstandhouder.

OPMERKING 3 Bij het bepalen van de rekenwaarde van de glasdikte van het dikste glasblad in de ruit wordt in geval van gelaagd glas uitgegaan van $t_{gg,u}$.

(2) De equivalente glasdikte van de ruit van isolatieglas in de ongesteunde randzone volgens figuur F.2 ten behoeve van de doorbuiging mag zijn bepaald volgens F.2.1(2).

<http://www.cpius-gardes.com>

Bijlage G

(informatief)

Modificatiefactor gelaagd glas

(1) De factor voor de belastingsduur k_{mod} volgens 8.3.3 gaat uit van een constante buigtrekspanning in het glas. Gelaagd glas met een thermoplastische tussenlaag heeft aan het begin van de belasting niet de volledige spanning en doorbuiging. In principe wordt deze pas aan het einde van de belastingsduur bereikt. Met vergelijking (G.1) mag k_{mod} zijn bepaald voor enkel glas bestaande uit gelaagd glas, of gelaagd glas toegepast in isolatieglas.

$$k_{\text{mod}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-i} \sigma_{\text{pl};\text{mt};i;d;n}}{\sum_{i=1}^{n-i} k_{\text{mod};n}} \quad (\text{G.1})$$

waarin:

k_{mod} is de modificatiefactor voor gelaagd glas;

i is een willekeurig gekozen geheel getal, waarbij hoe groter i , hoe nauwkeuriger $k_{\text{mod};i}$;

$\sigma_{\text{pl};\text{mt};i;d;n}$ is de rekenwaarde van de buigtrekspanning in glasplaat i na $\left(\frac{t}{i} \times n\right)$ s, in N/mm²;

t is de belastingsduur volgens bijlage A, in s;

$k_{\text{mod};n}$ is de modificatiefactor voor gelaagd glas bij een belastingsduur van $\left(\frac{t}{i} \times n\right)$ s volgens 8.3.3(6).

OPMERKING Thermoplastische tussenlaag zoals PVB is de elasticiteitsmodulus afhankelijk van temperatuur en belastingsduur. In het algemeen zal, bij een thermoplastische tussenlaag, de elasticiteitsmodulus aan het begin van de belastingsduur hoger zijn dan aan het einde van de belastingsduur, waarbij de verschillen in het algemeen hoger worden wanneer de temperatuur hoger is. Zie C.2 voor standaard PVB-folie en PVB-ionoplast.

Bijlage H

(normatief)

Betrouwbaarheidsdifferentiatie

H.1 Inleiding

(1) De gevolgklassen volgens NEN-EN 1990 hebben een relatie met de gevolgen van een falen. Bij het toepassen van vlakglas kan het vlakglas worden ingedeeld in een lagere gevolgklasse dan de gevolgklasse waarin het bouwwerk, waarvan het vlakglas deel uitmaakt, is ingedeeld, volgens H.2.2 of H.2.3.

OPMERKING Bijlage H is in lijn met bijlage I.

H.2 Gevolgklasse en differentiatie met betrekking tot partiële factor voor de veranderlijke belasting

H.2.1 Aanpassing gevolgklasse zonder risicobeoordeling

(1) Een constructief element van vlakglas mag zijn ingedeeld in 1 gevolgklasse lager dan de gevolgklasse waarin het bouwwerk, waarvan het constructief element van vlakglas deel uitmaakt, is ingedeeld, als is aangetoond dat:

- 1) het constructief element van vlakglas alleen van belang is voor zijn eigen stabiliteit;
- 2) de belasting door personen, aankleding en meubilair niet maatgevend is, en;
- 3) de maximale afmeting van het constructief element van vlakglas volgens tabel H.1 niet wordt overschreden.

OPMERKING Een constructief element van vlakglas alleen van belang voor zijn eigen stabiliteit betekent dat het constructief element van vlakglas niet van belang is voor de stabiliteit van de rest van de constructie.

Tabel H.1 — Maximale oppervlakte van vlakglas

Gevolgklasse bouwwerk	Maximale oppervlakte constructief element van vlakglas [m ²]	
	Verticaal geplaatst vlakglas en rondom lijnvormig ondersteund	Overig
CC2	10	5
CC3	7	3,5

H.2.2 Aanpassing gevolgklasse met risicobeoordeling

Een constructief element mag zijn ingedeeld volgens tabel H.2.2 als is aangetoond dat:

- 1) het constructief element van vlakglas alleen van belang is voor zijn eigen stabiliteit, en;
- 2) de economische gevolgschade door breuk van het constructief element van vlakglas gering is.

De economische gevolgschade is gering als deze bestaat uit de kosten voor het nemen van tijdelijke maatregelen en het vervangen van het vlakglas waarbij de kosten voor het nemen van tijdelijke maatregelen niet hoger mogen zijn dan de vervangingskosten van vlakglas.

OPMERKING Indien tijdelijke maatregelen noodzakelijk zijn, maar praktisch niet uitvoerbaar zijn en door de gebroken ruit het bouwwerk, of een deel van het bouwwerk, gedurende langere periode onbruikbaar is, wordt niet aan voorwaarde 2) voldaan. Indien kosten voor tijdelijke maatregelen die moeten worden getroffen hoger zijn dan de vervangingskosten wordt evenmin aan voorwaarde 2) voldaan.

Tabel H.2 — Indeling gevolgklasse constructief element van vlakglas

Risico op letsel, RL , volgens D.2.2

Gevolgklasse bouwwerk	Belasting door personen, aankleding en meubilair	Risico op letsel, RL , volgens D.2.2			
		$RL \leq 3,8$	$3,8 < RL \leq 9,4$	$9,4 < RL \leq 10$	$10 < RL \leq 25$
CC1	–	CC1			
CC2	Niet van toepassing	CC1		CC2	
	Wel van toepassing	CC2			
CC3	Niet van toepassing	CC1	CC2		CC3
	Wel van toepassing	CC2			CC3

H.2.3 Vermenigvuldigingsfactor K_{FI}

In afwijking van NEN-EN 1990 mag, als het constructief element van vlakglas valt in gevolgklasse CC1, zijn gerekend met vermenigvuldigingsfactor $K_{FI} = 0,85$ als is aangetoond dat:

- 1) het constructief element van vlakglas alleen van belang is voor zijn eigen stabiliteit;
- 2) de belasting door personen, aankleding en meubilair niet maatgevend is, en;
- 3) a) het constructief element op zijn plaats blijft indien belast in de uiterste grenstoestand;

of

- b) het gewicht van het vallende constructief element kleiner dan 1 kN en/of kleiner dan 0,15 kN/m² is.

OPMERKING De vermenigvuldigingsfactor toepasbaar op belastingen ten behoeve van de betrouwbaarheidsdifferentiatie K_{FI} is, volgens NEN-EN 1990, 0,9 voor CC1, 1,0 voor CC2 en 1,1 voor CC3, waarmee de partiële factor $\gamma = 1,5$ wordt vermenigvuldigd.

Bijlage I

(informatief)

Indeling in gevolgklasse

I.1 Inleiding

Op het moment van publiceren van onderhavige norm is de normcommissie 351 001 "TGB-plenair" voornemens de nationale bijlage van NEN-EN 1990 te wijzigen als aangegeven in deze bijlage.

http://www.cpius-grades.com

I.2 Indeling

Constructieve elementen mogen zijn ingedeeld in een lagere gevolgklasse dan degene die geldt voor de gehele constructie, indien mag worden verwacht dat de gevolgen van bezwijken van een lagere orde zijn. Hieraan is voldaan als het bezwijken van het element geen aanleiding geeft tot het bezwijken van meerdere constructieve elementen en tevens een risicobeoordeling is gemaakt waaruit blijkt dat de gevolgen van bezwijken van lagere orde zijn.

Bij constructieve elementen die deel uitmaken van een gehele constructie die is ingedeeld in CC2, mag de risicobeoordeling achterwege zijn gelaten als is voldaan aan de volgende voorwaarden:

- het oppervlak van het element is kleiner dan 100 m^2 ;
- de fundamentele belastingscombinatie met als extreme veranderlijke belasting de opgelegde belasting is voor het element niet de maatgevende fundamentele belastingscombinatie.

Bij constructieve elementen die deel uitmaken van een gehele constructie die is ingedeeld in CC3, mag voor het verlagen naar CC2 de risicobeoordeling achterwege zijn gelaten als is voldaan aan de volgende voorwaarden:

- het oppervlak van het element is minder dan 20 m^2 ;
- de fundamentele belastingscombinatie met als extreme veranderlijke belasting de opgelegde belasting is voor het element niet de maatgevende fundamentele belastingscombinatie.

Bijlage J

(informatief)

Restdraagvermogen bij eenzijdig laterale breuk

J.1 Inleiding

(1) Bij eenzijdig laterale breuk van gelaagd glas kan de gebroken glasplaat ter plaatse van de breuk, loodrecht op de breuk, geen buigtrekspanning maar nog wel drukspanning opnemen. Als eenzijdig laterale breuk optreedt in de glasplaat die loodrecht op de buigtrekspanning staat, kan een inschatting worden gemaakt van de buigtrekspanning in de glasplaat die niet is gebroken.

J.2 Toepassingsgebied

(1) Deze bijlage is alleen van toepassing op vlakglas in verticaal geplaatste vloerafscheidingen ter plaatse van een hoogteverschil.

J.3 Berekening restdraagvermogen bij eenzijdig laterale breuk

(1) Het restdraagvermogen van gelaagd glas, bestaande uit twee glasplaten, kan bij eenzijdig laterale breuk van de glasplaat aan de aanvalszijde worden berekend met vergelijking (J.1), mits de gebroken glasplaat niet bestaat uit een glasplaat met breukpatroon C volgens NEN-EN 12600.

OPMERKING De mate waarin de drukspanning nog kan worden opgenomen door de gebroken glasplaat met breukpatroon C volgens NEN-EN 12600 is onvoorspelbaar, waardoor deze glasplaat in zijn geheel niet behoort te worden meegerekend in het restdraagvermogen van de ruit.

$$\sigma'_{pl;mt;1;\sigma} \leq \frac{t_{pl;1;\sigma} \times \sigma_{pl;mt;1;d} + t_{pl;2;\sigma} \times \sigma_{pl;mt;2;d}}{t_{pl;1;\sigma}} \quad (J.1)$$

waarin:

$$t_{pl;1;\sigma} = \frac{t_{pl;1} \times \sigma_{pl;mt;1;d}}{\sigma_{pl;mt;1;d} + \sigma_{pl;mt;2;d}} \quad (J.2)$$

$$t_{pl;2;\sigma} = \frac{t_{pl;2} \times \sigma_{pl;mt;2;d}}{\sigma_{pl;mt;1;d} + \sigma_{pl;mt;2;d}} \quad (J.3)$$

$\sigma_{pl;mt;1;d}$ is de rekenwaarde van de buigtrekspanning in de ongebroken glasplaat aan de niet-aanvalszijde, in N/mm²;

$\sigma_{pl;mt;2;d}$ is de rekenwaarde van de buigtrekspanning in de ongebroken glasplaat aan de aanvalszijde, in N/mm²;

$\sigma'_{pl;mt;1;\sigma}$ is de rekenwaarde van de buigtrekspanning in de glasplaat aan de niet-aanvalszijde na breuk van de glasplaat aan de aanvalszijde, in N/mm²;

$t_{pl;1}$ is de glasdikte van de glasplaat aan de niet-aanvalszijde volgens hoofdstuk 7, in mm;

$t_{pl;2}$ is de glasdikte van de glasplaat aan de aanvalszijde volgens hoofdstuk 7, in mm;

$t_{pl;1;\sigma}$ is het deel van de glasdikte van glasplaat $t_{pl;1}$ dat buigtrekspanning opneemt in ongebroken toestand, in mm;

$t_{pl;2;\sigma}$ is het deel van de glasdikte van glasplaat $t_{pl;2}$ dat buigtrekspanning opneemt in ongebroken toestand, in mm.

Bibliografie

NEN 3569, *Vlakglas voor gebouwen – Risicobeperking van lichamelijk letsel door brekend en vallend glas – Eisen*

NEN-EN 572-2:2012, *Glas voor gebouwen – Basisproducten van natronkalkglas – Deel 2: Floatglas*

NEN-EN 572-5:2012, *Glas voor gebouwen – Basisproducten van natronkalkglas – Deel 5: Figuurglas*

NEN-EN 12600, *Glas voor gebouwen – Slingerproef – Stootbelastingproef en classificatie voor vlakglas*

NEN-EN-ISO 12543-1, *Glas voor gebouwen – Gelaagd glas en gelaagd veiligheidsglas – Deel 1: Definities en beschrijving van de onderdelen*

NEN-EN-ISO 12543-2, *Glas voor gebouwen – Gelaagd glas en gelaagd veiligheidsglas – Deel 2: Gelaagd veiligheidsglas*

NEN-EN-ISO 12543-3, *Glas voor gebouwen – Gelaagd glas en gelaagd veiligheidsglas – Deel 3: Gelaagd glas*

TNO-rapport DMP-RPT-03-0192, *Samenwerking in gelamineerd glas*, 6 mei 2003

Scriptierapport *Torsiestijfheid van glas/ionomeer laminaten in functie van temperatuur en belastingsduur*, K. De Vogel, 2007