

DIMENSIONERING AF GLAS I KLIMASKÆRMEN

Jørgen Munch-Andersen

Erik Steen Pedersen

SBi-anvisning 215, 2. udgave

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København

2018

TITEL	Dimensionering af glas i klimaskærmen
SERIETITEL	SBi-anvisning 215
FORMAT	E-bog
UDGAVE	2. udgave
UDGIVELSEÅR	2018
UDGIVET DIGITALT	Maj 2018
FORFATTER	Jørgen Munch-Andersen, Erik Steen Pedersen
REDAKTION	Niels Samsø Nielsen
SPROG	Dansk
SIDETAL	100
LITTERATURHENVISNINGER	Side 48
EMNEORD	Klimaskærm, konstruktioner, vinduer, lavenergibyggeri
ISBN	978-87-563-1875-4
LAYOUT	Finn Gattmann
TEGNINGER	SBi
OMSLAGSILLUSTRATION	Michael Ulf Bech
UDGIVER	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

INDHOLD

FORORD TIL 2. UDGAVE	7
FORORD TIL 1. UDGAVE	8
INDLEDNING	9
Symboler	10
1 GLAS- OG RUDETYPE	14
1.1 Floatglas	14
1.2 Hærdet glas	15
1.3 Varmeforstærket glas	15
1.4 Lamineret glas	16
1.5 Termoruder	16
2 LASTER	20
2.1 Vind	20
2.2 Sne	23
2.3 Klimalast	23
3 LASTKOMBINATIONER	26
3.1 Brudgrænsetilstand	26
3.2 Anvendelsesgrænsetilstand	27
4 STYRKEEGENSKABER	30
4.1 Karakteristiske styrker	30
4.2 Andre materialeegenskaber	32
4.3 Partialkoefficienter	32
4.4 Regningsmæssige styrker	33
5 BEREGNING	36
5.1 Enkeltglas	36
5.2 Termoruder	38
5.3 Lamineret glas	44

LITTERATUR	48
APPENDIKS A. EKSEMPLER PÅ DIMENSIONERING	52
Eksempel 1a. Stor 2-lags termorude i ydervæg	52
Eksempel 1b. Stor 3-lags termorude i ydervæg	54
Eksempel 2a. Stor 2-lags termorude med lamineret glas i ydervæg	58
Eksempel 2b. Stor 3-lags solafskærmende termorude med lamineret glas i ydervæg	62
Eksempel 3a. Lille 2-lags termorude i ydervæg	67
Eksempel 3b. Lille 3-lags termorude i ydervæg	69
Eksempel 4b. 3-lags solafskærmende termorude med lamineret glas i tag	80
APPENDIKS B. BESTEMMELSE AF f_k SAMT γ_2, γ_4 OG k_{mod}	88
Karakteristisk styrke f_k og variationskoefficient	88
Delpartialkoefficient γ_4	90
Delpartialkoefficient γ_2	90
Reduktionsfaktor k_{mod}	91
APPENDIKS C. FASTLÆGGELSE AF ISOCHORE TRYK p_0	92
APPENDIKS D. BESTEMMELSE AF LASTFORDELING PÅ TERMORUDER	98
Ydre last på 2-lags termoruder	98
Klimalast på 2-lags termoruder	99
Ydre last på 3-lags termoruder	99
Klimalast på 3-lags termoruder	100

FORORD TIL 2. UDGAVE

I takt med ønsker om at reducere energitab fra bygninger bliver det mere og mere almindeligt at anvende 3-lags termoruder i vinduer i klimaskærmen. Disse glaskonstruktioner var ikke omfattet af 1. udgaven af denne anvisning. Derfor er der i 2. udgave af anvisningen tilføjet en nyudviklet metode for styrke- og stivhedsberegning af 3-lags termoruder og en række nye beregningseksempler for 3-lags termoruder. Desuden er beregningsmetoden for flerlags glas udbygget, så der kan tages hensyn til effekten af store udbøjninger.

Endelig er anvisningen opdateret med ændringer afledt af overgangen i 2009 fra danske standarder til Eurocodes som projekteringsgrundlag.

CEN-standarder, som omtales i forordet til 1. udgaven af anvisningen, er endnu ikke vedtaget.

Denne 2. udgave af anvisningen er udarbejdet af seniorrådgiver Erik Steen Pedersen (tidligere SBI) med støtte fra civilingeniør, ph.d. Jørgen Munch-Andersen (Træinformation), som var forfatter af 1. udgaven.

Ingeniør Lars G. Jørgensen har udarbejdet eksemplerne 2b, 3b, 4b i Apendiks A. Seniorforsker Kim B. Wittchen (SBI) har bidraget med fastlæggelse af klimalaster.

Revisionen er kommenteret af:

- Lars G. Jørgensen (Ole G. Jørgensen Rådgivende Ingeniørfirma)
- Hans Lading (CW | A Rådgivende ingeniører).
- Carl Axel Lorentzen (Glasfakta)
- Rasmus Ingomar Petersen (Cowi)
- Jeppe Jönsson (DTU Byg)
- Mikkel Læssøe Thomsen og Robert Lau (Glargemesterlauget i Danmark)
- Pia Rostgaard (Velux)
- Thomas Henriksen (Mott MacDonald)

SBI takker Glarmesterlauget, Glasindustrien, Vinduesindustrien, Alufacade-sektionen i Dansk Byggeri samt Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen for den økonomiske støtte til revisionen af anvisningen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
Afdeling for Byggeteknik og Proces

Ruut Peuhkuri
Forskningschef

FORORD TIL 1. UDGAVE

Der foreligger hverken en dansk eller europæisk norm for dimensionering af glas. Der har derfor længe været et ønske om at få et fælles sæt danske retningslinjer på glasområdet, og en gruppe aktører har henvendt sig til SBI for at få udarbejdet et sådan sæt retningslinjer. De findes nu i denne anvisning.

Anvisningen indeholder de informationer, man normalt vil finde i en norm, tillige med andre oplysninger, der kan være nyttige ved dimensionering af glas. Anvisningen er udarbejdet i overensstemmelse med DS 409:2006, men vil også uden videre kunne anvendes i forbindelse med Eurocodes med tilhørende danske nationale annekser.

Anvisningen omhandler kun glas som udfyldende element i klimaskærmen og er primært tænkt som en hjælp til projekterende og leverandører.

Der har i længere tid været arbejdet på en standard i CEN-regi for dimensionering af glas. Denne anvisning bygger på de principper, som forventes benyttet i den kommende CEN-standard. Partialkoefficienter og andre faktorer, som skal fastsættes nationalt, når CEN-standarden foreligger, kan man derfor fastlægge ved hjælp af denne anvisning.

SBI takker for den økonomiske støtte til udarbejdelse af anvisningen fra Glarmesterlauget, Glasindustrien, Alufacadesektionen i Dansk Byggeri, Velux A/S samt Erhvervs- og Byggestyrelsen.

En følgegruppe har under udarbejdelsen kommenteret og bidraget til anvisningen. SBI takker følgegruppen, som har omfattet:

- Carl Axel Lorentzen, Pilkington Danmark A/S
- Lars G. Jørgensen, Ole G. Jørgensen Rådgivende Ingeniørfirma ApS
- Henrik Torp, Snoer og sønner A/S
- Anne Bagger og Jeppe Jönsson, BYG•DTU
- Casper Christensen og Lise Lotte Raunkjær, Glarmesterlauget i Danmark
- Rasmus Ingomar Petersen, Rambøll
- Walter Sebastian, Bygge- og Miljøteknik A/S
- Mette Belling Skou, VELUX A/S

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdeling for Byggeteknik og Design
December 2007

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

INDLEDNING

Denne anvisning behandler dimensionering af glas som udfyldende element i klimaskærmen, dvs. vinduer, facader og tage. Glas brugt i klimaskærmen skal dimensioneres for egenlast, vindlast og snelast. Termoruder skal desuden dimensioneres under hensyntagen til klimalast. Ved klimalast forstås trykændringer i de forseglede hulrum. Forudsætningen for dimensioneringen er kendskab til vinduesopbygningen i form af typer af glas, belægninger, glasafstande, inde-sluttede luftarter m.m. Disse parametre er affødt af krav til energitab og solaf-skærmning.

Anvisningen er udarbejdet i overensstemmelse med principperne i den europæiske standard for projektering af bærende konstruktioner: *Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner* (Dansk Standard, 2007a) og *Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner, Del 1-1, 1-3 og 1-4*, med nationale tillæg (Dansk Standard, 2007b), og den er beregnet til anvendelse sammen med disse standarder.

Der behandles almindeligt floatglas, hærdet glas og varmemeforstærket glas, og det beskrives, hvordan flere glaslag samvirker i lamineret glas og termoruder.

Det udnyttes, at der overføres last mellem glaslagene i termoruder via tryk i luften i glasmellemrummet. Det er derfor en forudsætning, at termoruder, der påvirkes af andet end vindlast, udskiftes, hvis de er punkterede.

I anvisningen er forudsat, at glas sikres mod nedfald efter brud, hvis nedfaldende glas udgør en væsentlig risiko for personskaade.

Anvisningen dækker ikke dimensionering af glaskonstruktioner for nytte-last, herunder personstød og last fra andre konstruktionsdele. Den kan derfor ikke anvendes ved dimensionering af for eksempel glasgulve og glasværn.

Egenskaberne ved brand behandles ikke.

Ved projektering af glaskonstruktioner, især glastage, skal det sikres, at rengøring, vedligehold og udskiftning kan ske på forsvarlig måde.

Symboler

a	kort sidelængde af 4-sidet understøttede plader, spændvidde af tosidet understøttede plader
a^*	karakteristisk længde for termoruder (formel (13)) og (15))
b	lang sidelængde af 4-sidet understøttede plader
$c_1, c_2,$ c_3, c_{30}	hjælpestørrelser ved beregning af spændinger og deformationer (formel (5), (6), (13) og (15), tabel 11, tabel 12, tabel 13)
c_{pe1}	formfaktor for udvendig vindlast gældende for arealer på op til 1 m ²
c_{pe10}	formfaktor for udvendig vindlast gældende for arealer på 10 m ² og derover
c_{pi}	formfaktor for indvendig vindlast
f_d	regningsmæssig styrke (formel (2), tabel 10)
f_k	karakteristisk styrke (tabel 6)
g	egenlast af glas
h	glastykkelse
k_e	styrkereduktionsfaktor vedrørende bearbejdning af glaskant (tabel 8)
k_{mod}	styrkereduktionsfaktor vedrørende lastvarighed (tabel 7)
k_{sp}	styrkereduktionsfaktor vedrørende belægning og mønster på glasoverflade (tabel 9)
p_0	isochore tryk i termoruder på grund af klimapåvirkninger. (Trykændringen <i>uden</i> hensyn til glaslagenes deformation (<i>Appendiks C. Fastlæggelse af isochore tryk p_0</i>))
p_l, p_y, p_m	ydre last inklusive egenlast, på henholdsvis indre, ydre og mellemste glaslag i termorude (tabel 14)
q	fladelast
q_d	regningsmæssig fladelast
q_k	karakteristisk fladelast
q_p	hastighedstryk
q^*	normaliseret fladelast (formel (7))
q_{klima}	klimalast
s	glasafstand i termorude
w	udbøjning
z	bygningshøjde
E	elasticitetsmodul for glas (70 GPa)
K_{FI}	faktor afhængig af konsekvensklasse, der påføres laster (afsnit 3.1)