



LUND
UNIVERSITY



REGELVERK FÖR GLAS I BÄRANDE KONSTRUKTIONER

HUGO JACOBSSON & MARCUS SJÖBERG

Structural
Mechanics

Bachelor's Dissertation

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES

DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

ISRN LUTVDG/TVSM--19/4004--SE (1-83) | ISSN 0281-6679

BACHELOR'S DISSERTATION | EXAMENSARBETE I HÖGSKOLEINGENJÖRSUTBILDNINGEN

REGELVERK FÖR GLAS I BÄRANDE KONSTRUKTIONER

HUGO JACOBSSON & MARCUS SJÖBERG

Supervisor: Professor **KENT PERSSON**, Division of Structural Mechanics, LTH.

Examiner: **SUSANNE HEYDEN**, Associate Professor, Division of Structural Mechanics, LTH.

Copyright © 2019 Division of Structural Mechanics,
Faculty of Engineering LTH, Lund University, Sweden.

Printed by V-husets tryckeri LTH, Lund, Sweden, July 2019 (PI)

For information, address:

Division of Structural Mechanics,
Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden.

Homepage: www.byggmek.lth.se

Sammanfattning

Det finns olika typer av glas och de som beskrivs i detta arbete är planglas (floatglas) och säkerhetsglas. De säkerhetsglas som behandlas är härdat, värmeförstärkt och laminerat glas. Planglasets och säkerhetsglasens beståndsdelar, tillverkningsprocesser och egenskaper förklaras.

I Boverkets byggnadsregler, BBR, finns det olika regler för hur glas får användas i olika typer av byggnader där människor kan vistas. De tar hänsyn till bl.a. fallhöjd och sprickbildning för glaset.

Idag, i Sverige, dimensioneras trä, stål och betong enligt Eurokod och EKS10. De karakteristiska lasterna som en glaskonstruktion utsätts för är densamma som för övriga byggnads-material. Vid dimensionering av laster i brottgränstillståndet används samma värden för de ovanstående materialen som för glas. Undantag görs när infill panels dimensioneras då en lägre säkerhetsfaktor används.

Dimensioneringsregler för glas är i dagsläget inte fullständiga och enhetliga då det inte finns någon gällande standard för detta. Det pågår två olika processer för att ta fram hur glas ska dimensioneras i bärande konstruktioner, en europeisk pre standard och ett förslag till Eurokod. Dessa tillsammans med regler i BBR har sammanställts i detta arbete.

Beräkningsexempel på olika typer av glaskonstruktioner (busshållplatser, fönster, tak och golv) har utförts där de olika reglerna från BBR, Eurokod, förslag till Eurokod och prEN 16612 beaktas.

De två processer som pågår idag, prEN 16612 och förslag till Eurokod, för att ta fram en standard måste kompletteras av varandra, då endast en av dessa inte är tillräcklig i dagsläget. Det blir lättare att ta hänsyn till alla kommande och gällande regler vid dimensionering av glas om alla regler är samlade i samma dokument. Räkneexempel där de kommande reglerna beaktas gör dessa lättare att förstå, då de olika exemplen kan följas.

En del skillnader upptäcktes då laster beräknade i datorprogrammet ClearLoad v1.3 jämfördes med handberäknade värden. Dessa skillnader beror på att inte alla reduktionsfaktorer har implementerats i programmet. ClearSight jämför beräknade spänningar med de tillåtna enligt prEN 16612 men tar inte hänsyn till reduktion av tillåten spänning i kant och ökning av tillåten spänning för laminerat glas enligt förslaget till Eurokod. Det görs heller ingen kontroll av tillåtna utböjningar i bruksgränstillståndet som även det ges värden på i förslaget till Eurokod.

Nyckelord: Glas, dimensionering, Eurokod, BBR, ClearSight, ClearLoad

Abstract

There are different types of glass and those described in this work are float glass and safety glass. The safety glass being treated is heat strengthened, toughened and laminated glass. The float glass and the safety glasses components and manufacturing processes are explained.

In Boverkets byggnadsregler, BBR, there are several rules on how glass should be used in different types of buildings where people can stay. The rules take into account drop height and cracking at breakage of glass.

Today, in Sweden, wood, steel and concrete are dimensioned according to Eurocode and EKS10. The characteristic loads that a construction in glass is exposed to are the same as for other building materials. When dimensioning loads in the ultimate limit state, the same values are used for the materials above as for glass. Exceptions are made when infill panels are dimensioned, then a lower safety factor is used.

Dimensioning rules for glass are very diffuse at present, as there is no valid standard for this. There are two different processes in place to develop how glass should be dimensioned in load-bearing structures, a European pre-standard and a proposal for Eurocode. These together with rules in BBR have been compiled in this work.

Calculation examples of different types of glass constructions (bus stops, window, roof and floors) have been carried out, taking into account the different rules from BBR, Eurocode, the Eurocode proposal and prEN 16612.

The two processes that are ongoing today, prEN 16612 and proposals for Eurocode, to produce a standard must be supplemented by each other, since only one of these is not sufficient at present.

It will be easier to take into account all future and applicable rules when designing glass if all rules are collected in the same document that this work does. The calculation examples are to follow and get a greater understanding of how glass is to be dimensioned.

Some differences were discovered when loads calculated in the ClearLoad v1.3 computer program were compared with hand-calculated values. These differences are due to the fact that not all reduction factors have been implemented in the program. ClearSight compares calculated stress with those permitted by prEN 16612 but does not take into account the allowable edge stress and increase the allowed laminated glass stress according to the Eurocode proposal. ClearSight does not control allowed deflection in the serviceability limit state, which are also given values in the Eurocode proposal.

Keywords: Glass, dimensioning, Eurocode, BBR, ClearSight, ClearLoad

Förord

Detta examensarbete är det avslutande momentet för utbildningen Höskoleingenjör i byggteknik med arkitektur. Examensarbetet på 22,5 högskolepoäng, vilket omfattar 15 veckors heltidsarbete, har skrivits på Avdelningen för byggnadsmekanik i Lund.

Vi båda har intresse för byggnadskonstruktion och visste på så sätt vad vi ville skriva om redan från början. I januari 2019 presenterade vår blivande handledare Kent Persson och examinator Susanne Heyden ett förslag till examensarbete, som då behandlar byggnadskonstruktion, som vi tyckte lät väldigt intressant.

Målet med detta arbete är att klargöra vilka regler som gäller vid dimensionering av glaskonstruktioner och att identifiera eventuella brister i ClearSight och ClearLoad v1.3.

Vi vill passa på att tacka vår examinator Susanne Heyden och vår handledare Kent Persson för deras stora intresse för ämnet samt deras råd och tips.

Maj 2019, Helsingborg

Hugo Jacobsson & Marcus Sjöberg

Innehållsförteckning

Beteckningar	1
1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Mål	3
1.3 Metod	3
1.4 Avgränsningar	4
1.5 Arbetsfördelning	4
2 Glas som byggnadsmaterial.....	5
2.1 Planglas	5
2.1.1 Termiska egenskaper	6
2.1.2 Densitet.....	6
2.1.3 Beständighet	6
2.1.4 Hållfasthet	6
2.2 Säkerhetsglas	7
2.2.1 Laminerat glas	7
2.2.2 Härdat glas.....	8
2.2.3 Värmeförstärkt glas	9
2.3 Infästningar.....	9
2.3.1 Klämfästen	9
2.3.2 Bultinfästning	10
2.3.3 Kantinfästning	11
3 Normer och regler för glasdimensionering.....	13
3.1 Boverkets byggregler	13
3.1.1 Tolkning av BBR:s krav.....	14
3.2 Eurokod	16
3.2.1 Lastkombinationer.....	17
3.2.2 Permanent last	21
3.2.3 Variabla laster	21
3.3 Pre standard för glas, prEN 16612	36
3.3.1 Mekaniska och fysikaliska värden för glas.	37
3.3.2 Lastkombinationer.....	37
3.3.3 Böjhållfasthet för planglas	38
3.3.4 Böjhållfasthet för härdat glas	41

3.4 Förslag till Eurokod för glas	42
4 Tillämpning av normer– exempel från glaskonstruktioner	47
4.1 Barriärer	48
4.1.1 Regler i BBR	48
4.1.2 Regler i Eurokod.....	48
4.1.3 Europeisk standard prEN 16612.....	48
4.1.4 Förslag till Eurokod	48
4.1.5 Beräkningsexempel	48
4.2 Fönster och fasader	58
4.2.1 Regler i BBR	58
4.2.2 Regler i Eurokod.....	59
4.2.3 Europeisk standard prEN 16612.....	59
4.2.4 Förslag till Eurokod	59
4.2.5 Beräkningsexempel	60
4.3 Tak.....	63
4.3.1 Regler i BBR	63
4.3.2 Regler i Eurokod.....	63
4.3.3 Europeisk standard prEN 16612.....	63
4.3.4 Förslag till Eurokod	63
4.3.5 Beräkningsexempel	63
4.4 Golv	70
4.4.1 Regler i BBR	70
4.4.2 Regler i Eurokod.....	70
4.4.3 Europeisk standard prEN 16612.....	70
4.4.4 Förslag till Eurokod	70
4.4.5 Beräkningsexempel	70
5 Diskussion.....	75
6 Litteraturförteckning	77

Beteckningar

C_e	faktor som beror på topografin
C_t	energiförluster genom tak
c_{pe}	formfaktor för utvändig vindlast
c_{pi}	formfaktor för invändig vindlast
E	elasticitetsmodul
$f_{b;k}$	karaktäristiskt värde för böjhållfasthet gällande härdat glas
$f_{g;d}$	dimensionerande värde för böjhållfasthet gällande planglas och härdat glas
$f_{g;k}$	karaktäristiskt värde för böjhållfasthet gällande planglas
G_d	dimensionerande egentygnd
G_k	karaktäristisk egentygnd
I	tröghetsmoment
k_e	reduktionsfaktor för styrka vid kant gällande planglas
k_{mod}	faktor för varaktigheten av last
k_{sp}	faktor för glaset's ytprofil
k_v	faktor för härdningsprocess
M	moment
Q_d	dimensionerande last
Q_k	karaktäristisk variabel last
q_p	karaktäristiskt värde på vindens hastighetstryck
s	karaktäristisk snölast
s_k	snölastens grundvärde på marknivå
v_b	vindens referenshastighet
W	böjmotstånd

- w karakteristisk vindlast
- γ_d faktor för säkerhetsklass
- γ_G^a partialkoefficient för infill panels gällande glasets egentyngd
- $\gamma_{M;A}$ partialkoefficient för planglas
- $\gamma_{M;v}$ partialkoefficient för härdat glas
- γ_Q^a partialkoefficient för infill panels gällande variabla laster
- μ_i formfaktor som bestäms av taklutningen
- μ_s formfaktor för snöras ifall det finns risk för snöficka
- μ_w formfaktor för snödrift ifall det finns risk för snöficka
- ρ densitet
- σ_{ed} spänning som glaset utsätts för
- ψ reduktionsfaktor för nyttig, vind och snölast

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Glas är ett byggnadsmaterial som allt mer används som bärande byggnadselement. Ofta används just glas av arkitekter för att skapa speciella uttryck i byggnader och för att få stora ljusinsläpp. För att använda glas som ett bärande element måste det dimensioneras efter regler och normer. Reglerna för dimensionering skiljer sig från land till land. I detta arbete fokuserar vi på de europeiska och svenska reglerna för dimensionering.

Idag är det svårt att konstruera bärande glaskonstruktioner i Sverige då det finns få dimensioneringsregler att utgå ifrån. De fåtal regler som finns är boverkets byggregler, BBR, och de allmänna lasterna som anges i Eurokod 1. I dagsläget pågår två processer där regler för hur glas ska dimensioneras i bärande konstruktioner håller på att formuleras, en europeisk standard och en Eurokod. De är tänkta att gälla inom EU och de ska innehålla värden för glasets hållfasthet och regler för hur dimensionering och beräkning ska göras för glas i bärande konstruktion.

Lunds tekniska högskola, LTH, har på Avdelningen för byggnadsmekanik utvecklat ett datorprogram som är ett dimensioneringsverktyg för glas, ClearSight, och varit delaktiga i att utveckla ett Excelbaserat program, ClearLoad v1.3, som beräknar laster enligt Eurokod för olika glaskonstruktioner, [1] [2].

Trä, betong och stål är i dagsläget de ledande byggnadsmaterialen som används som bärande konstruktion. Genom att arbeta fram och utveckla standarder och regler för glas kommer det att finnas större möjligheter att byta ut eller komplettera de ovannämnda byggnadsmaterialen mot glas i vissa konstruktioner.

1.2 Mål

Målet är att sammanställa de svenska och de kommande europeiska dimensioneringsregler och krav som finns för glas som bärande konstruktion, samt att identifiera brister i datorprogrammet ClearLoad v1.3 och identifiera vad som saknas i ClearSight för att uppfylla dessa regler.

Syftet med arbetet är att få en tydligare bild, likt en handbok, av vilka regler som gäller för glaskonstruktioner i Sverige samt en översikt av de kommande europeiska reglerna för dimensionering av glas i bärande konstruktion.

1.3 Metod

Detta arbete görs utifrån tre olika metoder, litteraturstudie, beräkningar och identifiering av brister i ClearLoad v1.3 och ClearSight.

Litteraturstudien om glas kommer att behandla fyra områden:

- Glas som material och dess olika varianter och typer
- Gällande Eurokod för beräkning av laster
- Dimensioneringsregler i Sverige
- Kommande europeiska regler

Beräkningar kommer att göras på de vanligaste byggnadsdelarna där glas är bärande, utifrån de regler vi sammanställt. Detta görs för att i det sista momentet, kontroll av programmen, kunna se och jämföra resultaten från beräkningen mot programmets. Detta gör att eventuella brister i programmen kan identifieras och även korrigeras.

1.4 Avgränsningar

Arbetet behandlar inte mönstrat, emaljerat och armerat glas samt de regler som berör dessa typer av glas, samt inte part 3 i förslaget till Eurokod för glas, ”structural glass – design and construction rules”.

Reduktionsfaktorer för klimatbelastningar tas inte hänsyn till vid beräkningar.

1.5 Arbetsfördelning

Litteraturstudie och beräkningar har delats upp lika mellan författarna där en del olika moment i arbetet har delats upp under arbetets gång. De färdiga momenten granskas sedan tillsammans.

2 Glas som byggnadsmaterial

Glas kan betraktas som en smältprodukt som består till största del av tre beståndsdelar, glasbildare, flussmedel och stabilisator. Utöver dessa tre beståndsdelar finns tillsatsmedel för att kunna kombinera och göra många olika glastyper. Glas kan bestå av ett tiotal råvaror samtidigt som de enklaste glaserna bara består av ett fåtal. Basen till de flesta vanliga glaserna är kvartssand, [3].

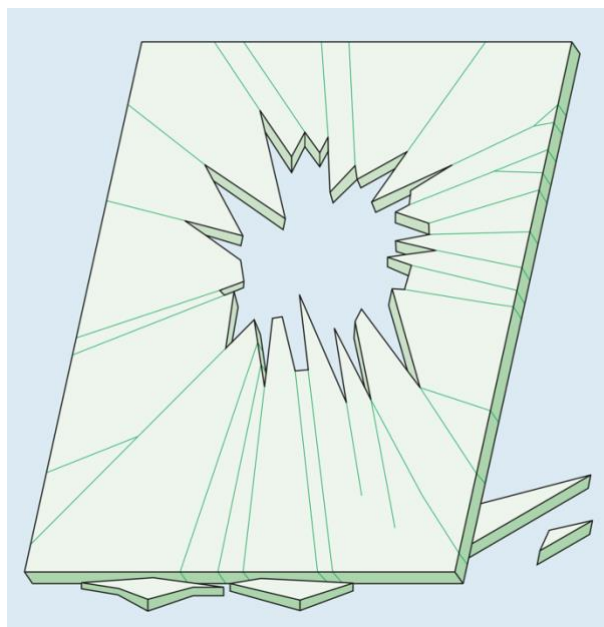
Sand, soda och kalk är beståndsdelarna för vanligt planglas som också benämns kalk-soda-silikatglas. Planglas används i byggnader och kan i sin tur behandlas till säkerhetsglas (härdat, värmeförstärkt och laminerat glas) som beskrivs i Avsnitt 2.2, [4].

2.1 Planglas

Planglas (floatglas) tillverkas genom en process som kallas floatprocessen. Denna process har använts sedan 1950-talet, [5]. Processen sker kontinuerligt där råvaror läggs in i en vanna för att sedan smältas till färdigt glas. Glaset flyter sedan ut på flytande smält tenn där temperaturen är 1050 °C vilket gör att glasytorna blir jämna på båda sidorna. Planglasets tjocklek kan justeras mellan 0,4 mm och 25 mm. Om glaset får flyta fritt och är i jämvikt blir tjockleken 7 mm för ett planglas, [3].

Förr i tiden, innan floatprocessen började användas, användes andra metoder för att tillverka planglas. Det gör att planglas även benämns som floatglas trots att de har samma egenskaper. Det enda som skiljer planglas och floatglas åt är tillverkningsprocessen, [4].

När dessa glas går till brott bildas stora och spetsiga glasskärvor som kan leda till allvarliga personskador, se Figur 2.1, [4].



Figur 2.1 Sprickbildning för planglas, [6].

2.1.1 Termiska egenskaper

Som många andra material påverkas glas av värme och kyla. Glas utvidgas vid ökning av temperatur. Glasets längdutvidgning är ca 0,0085 mm/mK. Det betyder att en glasruta som är 1,0 m lång utvidgar sig 0,85 mm vid en temperaturändring med 100 K, [7].

Enkelglas har ett U-värde på ca 5,7 W/m²K och har därmed dålig isoleringsförmåga. Detta kan förbättras genom att använda flera skikt av glas med gas, ofta argon, mellan skikten. Dessa typer av fönster kallas isolerruta [7]. Isolerruta med två glas eller tre glas medför att U-värdet för dessa fönster blir 2,6–2,8 respektive 1,7–1,9 W/m²K, [8].

2.1.2 Densitet

Glasets densitet varierar och beror på den kemiska sammansättningen. Vanligtvis, vid beräkningar, används densiteten 2500 kg/m³ och det används även i detta arbete, [9] [3].

2.1.3 Beständighet

Glas är beständigt mot de vanligaste syrorna, dock inte vid kontakt med fluorvätesyra. Kiseldioxiden i glaset reagerar med fluorvätesyran och bryter ned glasets nätverk, [4].

Regnvatten som kommer i kontakt med cement blir starkt alkaliskt. Därför måste glaset skyddas från kontakt med regnvattnet i samband med t.ex. nygjutna betongfasader eller dylikt, [7].

2.1.4 Hållfasthet

När glas belastas för mycket kommer ett sprött brott att ske, det vill säga att glaset spricker utan några plastiska deformationer. Detta medför att glas får sämre möjligheter att klara av punktlaster jämfört med vanliga byggnadsmaterial som t.ex. trä eller stål. Hållfastheten för glaset beror även på lastens varaktighet. Glaset klarar ungefär dubbelt så stora kortidslaster, t.ex. vind, jämfört med långtidslaster som egentygnd, [7].

Ytan på glaset innehåller ett obestämt antal osynliga mikroskopiska sprickor som kan agera sprickinitieringar vid belastning. Det är svårt att förutsäga hållfastheten för glas, därför görs det med hjälp av statistiska metoder. Hållfasthetsvärdet är ingen materialkonstant utan ses som ett designvärde, [7]. Designvärdet som oftast används för böjhållfasthet för planglas är 45 MPa, [10].

När man skär glas kan det bildas felaktigheter, brottanvisningar, som gör att hållfastheten påverkas avsevärt. För att förhindra det kan de skurna kanterna slipas. För att få ett glas med bäst förutsättningar ur hållfasthetssynpunkt ska glaset skäras och brytas perfekt med minimalt små brottanvisningar, [7].

Tabell 2.1 visar fysikaliska data för planglas.

Tabell 2.1 Fysikaliska data för planglas, [4] [7] [3].

Densitet	2500 kg/m ³
Karakteristiskt böjållfasthet	45 MPa
Dimensionerande böjållfasthet	7–25 MPa
Elasticitetsmodul	70 000–74 500 MPa
Tryckållfasthet	880–930 MPa
Böjållfasthet	30–100 MPa
Längdutvidgningskoefficient	0,0090–0,0085 mm/mK

Den karakteristiska böjdragållfastheten bestäms vid 5%-fraktilen. Detta innebär att 95% av glaset som testas håller för denna spänning, medan 5% går till brott. Varaktigheten på lasten vid bestämning av den karakteristiska böjdragållfastheten är tre sekunder.

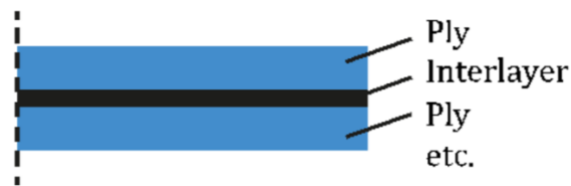
2.2 Säkerhetsglas

Ett vanligt planglas spricker som vassa spetsiga skärvor vilket ofta är en orsak till personskador. För att förhindra detta tillverkas olika säkerhetsglas. Säkerhetsglas är planglas som har behandlats på olika sätt för att ändra dess egenskaper som ållfasthet och sprickbildning. Det finns två olika typer av säkerhetsglas, laminerade och härdade glas. Det finns även en variant där plastfilmer lamineras direkt på det vanliga glaset. Därmed uppnås ett bättre personskydd, [4].

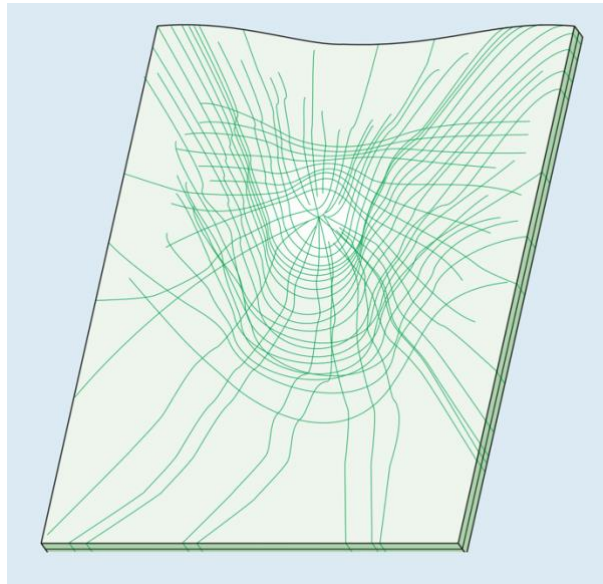
2.2.1 Laminerat glas

Laminerat glas är en av de mest förekommande glastyperna när det gäller konstruktionsglas. Detta glas består av minst två glasskivor med ett plastskikt som ligger mellan glasskivorna, se Figur 2.2. Processen är till en början densamma som för planglas. Sedan, vid tillverkning av laminerat glas, smälts plastskiktet ihop med planglasen vid höga temperaturer och stort tryck. Det vanligaste plastskiktet i laminerade glasskivor är Polyvinylbutyral, PVB, [4].

Det laminerade glaset är lika transparent som planglas. Detta glas är dock inte starkare än vanligt glas, men det är bättre ur säkerhetssynpunkt. När glastypen går till brott håller plastskiktet glasbitarna på plats och förhindrar därmed personskador, se Figur 2.3. Beroende på i hur många lager glaset lamineras kan glaset bli skottsäkert, skydd mot buller samt avlyssning, [3]. Ett laminerat glas klarar en större böjspänning innan brott sker jämfört med ett enkelglas med samma tjocklek, [7].



Figur 2.2 Uppbyggnad laminerat glas, [11].



Figur 2.3 Sprickbildning för laminerat glas, [6].

2.2.2 Härdat glas

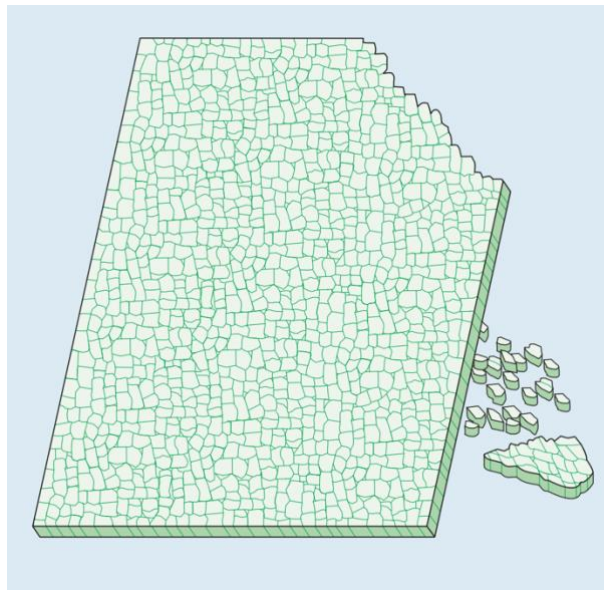
När ett härdat glas spricker bildas det en stor mängd granuler, korn. Sprickbildningen visas i Figur 2.4. Detta gör att risken för personskador i form av skärsår minskas rejält då det endast kan sitta små glasfragment kvar där glaset hade sitt fäste. Resterande yta där glaset suttit blir ett hål, [4].

Tillverkningen av härdat glas görs genom att först värma upp glaset till drygt 600°C, vilket gör att glaset blir spänningsfritt och mjukt. Därpå kyls det hastigt ner på båda sidor med luft vilket gör att det bildas dragspänningar i mitten av glaset och tryckspänningar i ytskiktet av glaset, [4] [3].

Böjhållfastheten ökar 4–5 gånger tack vare att det bildats en förspänning i glaset. Härdat glas och planglas har samma styvhet, och de har, vid belastning, samma utböjning samt att de repas lika lätt, [4].

Planglas kan innehålla mikroskopiskt små inneslutningar av nickelsulfid. Detta kan vara speciellt problematiskt för härdade glas då de kan spontangranulera utan någon yttre påverkan. Risken för att detta ska ske är liten och kan minskas genom att göra ett speciellt test. Heatsoaktest, även kallat värmetest, utförs enligt EN 14719 där glaset utsätts för 190°C under två timmar. Testet är en så kallad förstörande provning som innebär att de härdade

glasen som löper risk att spontangranulera gör det under testet. För att ge fullständig information om risken för spontangranulering måste alla glas i partiet testas, [4].



Figur 2.4 Sprickbildning härdat glas, [6].

2.2.3 Värmeförstärkt glas

Värmeförstärkt glas tillverkas likt det härdade glaset. Det hettas upp för att sedan kylas ner. När det gäller det värmeförstärkta glaset är kylningen inte lika snabb. Detta gör att spänningarna som uppstår inte blir lika höga som i det härdade glaset. Glaset blir på det sättet starkare än ett planglas men behåller sprickbilden för ohärdat glas, se Figur 2.1, [3].

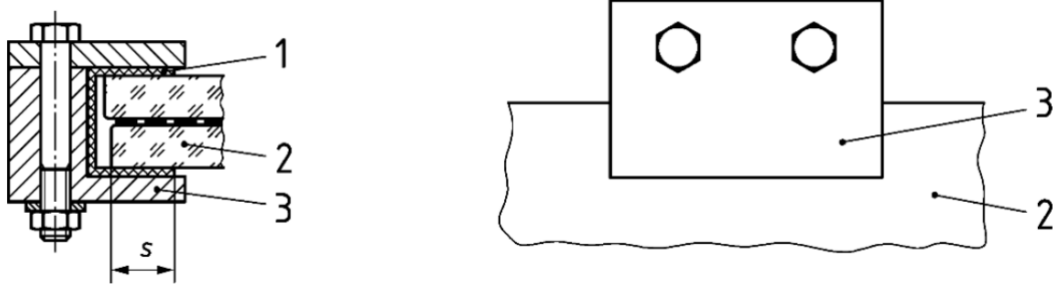
2.3 Infästningar

Det finns olika sätt att montera glas i ett byggnadsverk. De vanligaste konstruktionerna tas upp nedan. I detta kapitel har fakta hämtats från Structural glass – design and construction rules, Part 2, [12].

2.3.1 Klämfästen

Klämfästen kräver inga hål i glaset, utan glaset kläms fast i kanterna eller i hörnen av glaset. Klämmorna är gjorda av metall och för att inte glaset ska komma i kontakt med metallen läggs ett gummimellanlägg mellan metallen och glaset. Gummimellanlägget ska väljas så att glaset inte får direkt kontakt med klämfästet.

Ytan som klämmer fast glaset måste vara minst 1000 mm^2 samt att längden på glaset som är fastspänt, s , måste vara minst 25 mm, se Figur 2.5.



Figur 2.5 Uppbyggnad glasklämmor, [12].

1. Gummimellanlägg
 2. Glas
 3. Klämfästen i metall
- s Längd på glaset som är fastspänt

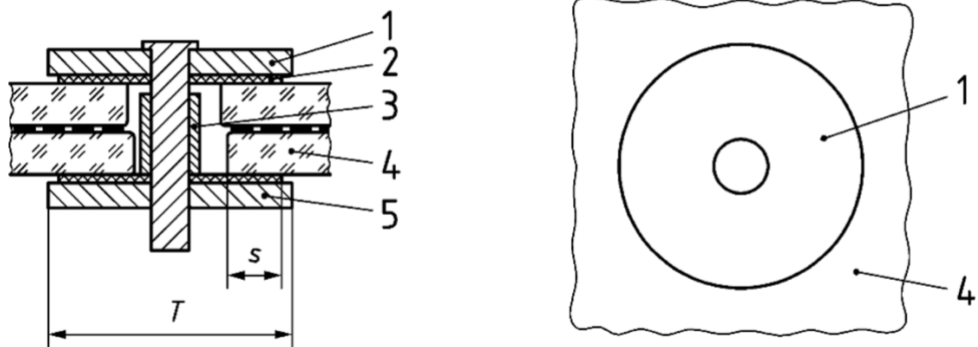
Exempel på hur klämfästen kan se ut visas i Figur 2.6.



Figur 2.6 Exempel på glasklämma från sidan.

2.3.2 Bultinfästning

Detta tillvägagångssätt innebär att ett hål borrar genom glaset för att sedan fästa glaset med hjälp av bultar. Mellan glaset och huvudet på bulten, som har större diameter än hålet, ligger ett gummimellanlägg som gör att bulten inte får direkt kontakt med glaset. En bild på bultinfästningen visas i Figur 2.7.



Figur 2.7 Uppbyggnad bultinfästning, [12].

1. Metallplatta/bultens huvud
 2. Gummimellanlägg
 3. Bult
 4. Glas
 5. Metallplatta/bultens huvud
- s Längd på glaset som är fastspänt.

s = Glasets tjocklek, dock max 12 mm.

Ska ett härdat glas fästas med bultinfästning borras hålen först, först därefter härdas glaset. Detta görs för att glaset inte ska spricka vid håltagningen.

Det borrade hålet är cylindriskt eller koniskt och dess kanter måste slipas för att få en högre hållfasthet. Exempel visas i Figur 3.12 respektive Figur 3.13. Denna behandling är en avfasning som ska göras i 45° lutning. Avfasningen är 0,5–1,0 mm på båda sidorna.

Om glaset är fäst med endast tre bultinfästningar får inte vinkeln i den triangelformade infästningen, triangeln mellan de tre bultinfästningarna, överstiga 120°.

Infästningar som har någon form av förband som är infäst av skruvar som har tendens att lossna, ska vara säkrade mot ofrivillig lösgörning eller att de lossnar helt.

2.3.3 Kantinfästning

Vid kantinfästning är glaset infäst med en gummilist som klämmer fast glaset, likt klämfästen fast längs hela kanten. Den vanligaste kantinfästningen är infäst i två till fyra kanter på glaset. Det börjar även bli vanligt att endast ha en infästningskant, t.ex. att endast nedre kanten är infäst för barriärer.

Kantstöden ska dimensioneras med hänsyn till termiska utvidgningar, byggnadsrörelser och den last glaset utsätts för.

3 Normer och regler för glasdimensionering

Det finns olika regler och normer som ska uppfyllas vid dimensionering av bärande byggnadsdelar i glas. I detta kapitel behandlas regler som används i dagsläget samt kommande europeiska regler för dimensionering av glas.

3.1 Boverkets byggregler

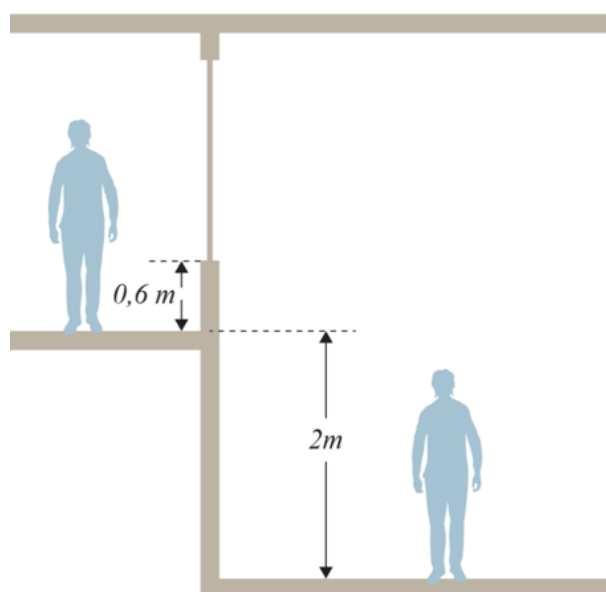
Här beskrivs de normer och regler som anges i Boverkets byggregler (2011:6) föreskrifter och allmänna råd, [13].

Glasytor och infästningar som är oskyddade och som människor kan komma i kontakt med ska tåla dynamisk påverkan av en människa. Dynamisk påverkan innebär i detta fall krafter som uppkommer av personer i snabb, kraftig rörelse som hopp, språng, fall eller liknande.

Stora glasytor i dörrar samt glasytor som kan förväxlas med dörrar eller öppningar ska vara tydligt markerade

Glasytor ska utformas så att risken för att falla ut genom glaset begränsas där det är risk för fallskador. Det anses finnas risk för fallskador där fallhöjden är mer än 2,0 meter och avståndet mellan glasytans underkant och golvet är mindre än 0,6 meter. Illustration på detta visas i Figur 3.1. Laminerat säkerhetsglas, räcke eller motsvarande kan då fungera som skydd mot fall genom glas.

I BBR framgår det tydligt vad som anses vara ett personsäkert glas. Dessa klassindelningar hämtar BBR från SS-EN 12600 som är en standard för klassindelning när det gäller tung stöt mot glas.



Figur 3.1 Fall genom glas, [2].

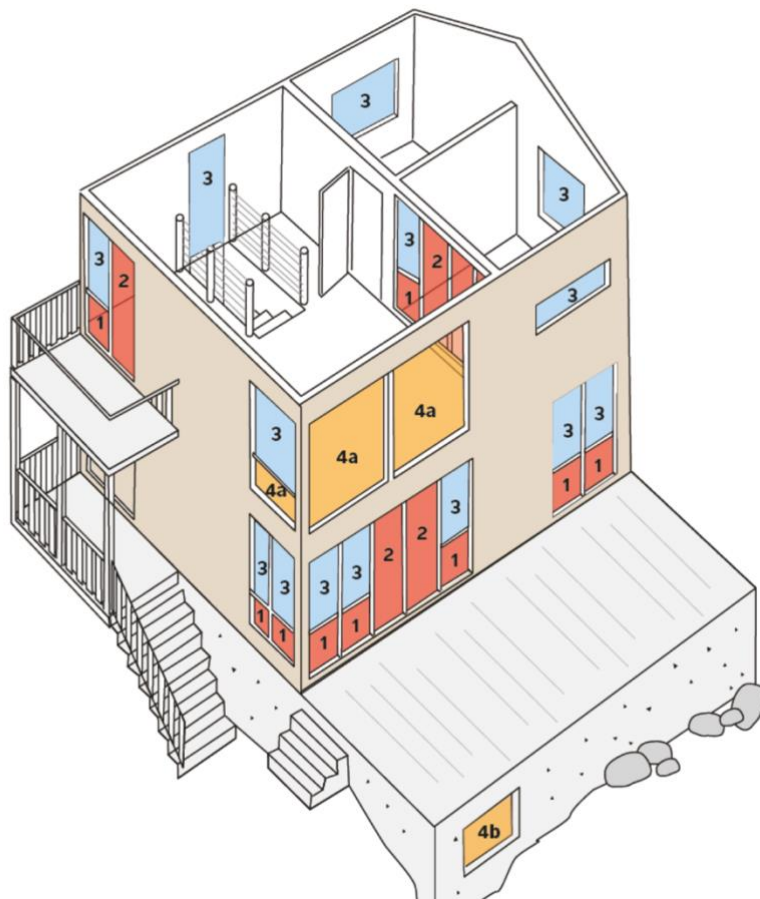
I enskilda bostäder bör säkerhetsglas användas i lågt sittande fönster och glaspartier som sitter lägre än 0,6 meter över golv eller mark.

I glasytor i andra utrymmen än bostäder där barn kan vistas bör säkerhetsglas användas om avståndet från glasytans underkant till golvet eller marken är mindre än 0,8 meter. Glasytor i dörrar i skolor och förskolor bör dock ha härdat eller laminerat glas om glasytans underkant sitter lägre än 1,5 meter.

3.1.1 Tolkning av BBR:s krav.

I Figur 3.2, Tabell 3.1, Tabell 3.2 och Tabell 3.3 ges en förklaring på vilka glas som enligt BBR ska användas för olika placeringar av fönster i en byggnad enligt Monteringstekniska kommittén, MTK, som har tolkat BBR:s regler.

De olika färgerna på glaset i huset har olika innebörder och innebär att val av glas varierar med färgerna. Rött innebär att det finns risk för skärskador, blått innebär att det inte finns några krav på att förhindra personskador och gult innebär att det finns risk för både skärskador och fall. Siffran 1, 3 och 4 är fönster medan 2 är glasdörr/altandörr.



Figur 3.2 Krav på fönster och glasdörrar vid olika placeringar, [14].

Tabell 3.1 Förklaring och regler för vilket typ av fönster som ska användas.

Bostäder			
Beteckning enligt Figur 3.2	Kriterier för bröstningshöjd och fallhöjd	Krav enligt BBR	Glasval enligt MTK [15]
1 och 2	Fönster i yttervägg lägre än 0,6 m till golv eller mark. Fallhöjd <2,0 m	Härdat eller laminerat säkerhetsglas.	Härdat glas, lägst klass 1(C)3. Eller Laminerat glas, lägsta klass 2(B)2.
3	Fönster i yttervägg högre än 0,6 m från golv eller mark. Ej risk för fall.	Valfritt val av glas.	Valfritt. Inga krav.
4	Fönster i yttervägg lägre än 0,6 m till golv eller mark. Fallhöjd >2,0 m	Laminerat säkerhetsglas.	Laminerat glas, lägsta klass 2(B)2.

Tabell 3.2 Förklaring och regler för vilket typ av fönster som ska användas i publika lokaler.

Publika lokaler			
Beteckning enligt Figur 3.2	Kriterier för bröstningshöjd och fallhöjd	Krav enligt BBR	Glasval enligt MTK [16]
1 och 2	Glasparti lägre än 1,5 m till golv eller mark. Fallhöjd <2,0 m	Härdat eller laminerat säkerhetsglas.	Härdat glas, lägsta klass 1(C)3. Eller Laminerat glas, lägsta klass 2(B)2.
3	Glasparti högre än 1,5 m till golv eller mark. Ej risk för fall.	Valfritt val av glas.	Valfritt. Inga krav.
4	Glasparti lägre än 1,5 m till golv eller mark. Fallhöjd >2,0 m.	Laminerat säkerhetsglas.	Laminerat säkerhetsglas, lägsta klass 2(B)2.

Tabell 3.3 Förklaring och regler för vilket typ av fönster som ska användas i skolor.

Skolor			
Beteckning enligt Figur 3.2	Kriterier för bröstningshöjd och fallhöjd	Krav enligt BBR	Glasval enligt MTK [17]
1 och 2	Fönster i yttervägg lägre än 0,8 m till golv eller mark. Fallhöjd <2,0 m	Härdat eller laminerat säkerhetsglas.	Härdat (markerat) säkerhetsglas, lägsta klass 1(C)3. Eller Laminerat (markerat) säkerhetsglas, lägsta klass 2(B)2.
3	Fönster i yttervägg högre än 0,8 m från golv eller mark. Ej risk för fall.	Valfritt val av glas.	Valfritt. Inga krav.
4	Fönster i yttervägg lägre än 0,8 m till golv eller mark. Fallhöjd >2,0 m	Laminerat säkerhetsglas.	Laminerat säkerhetsglas, lägsta klass 2(B)2.

3.2 Eurokod

Eurokod är dimensioneringsregler för bärande byggnadsdelar och dessa gäller för hela Europa där nationella tillägg kan skilja länderna åt. Dessa gemensamma regler ska bidra till högre och jämnare säkerhet i byggindustrin, [18]. Eurokod används vid nybyggnation, ändrad användning av ett bärverk eller vid reparationer, [19].

Boverket bestämmer de nationella tilläggen i Sverige och dessa är beskrivna i EKS. I EKS:en har boverket då valt ut vissa krav från Eurokod, dessa val kan bero på geologi, levnadssätt, säkerhetsnivå och klimat, [20].

Det finns olika delar i Eurokod, EN 1990 – EN 1999. De bärande byggnadsdelarnas beständighet, säkerhet, brukbarhet, hur byggnadsdelar ska dimensioneras och frågor som berör pålitligheten hos bärande element beskrivs i EN 1990. Denna del är avsedd för myndigheter, entreprenörer, byggherrar, beställare och inte minst byggnadskonstruktörer, [19].

EN 1990 är gjord för att användas tillsammans med EN 1991 – EN 1999. Dessa delar behandlar hur olika typer av laster beräknas och hur olika typer av specifika byggnadsverk ska dimensioneras, [19].

3.2.1 Lastkombinationer

Olika begrepp används vid beräkning av laster som en byggnad utsätts för. Dessa förklaras nedan.

Karakteristisk last – En last som är en statistiskt bestämd last som kommer att uppstå en gång på 50 år, [21].

Dimensionerande last – Den karakteristiska lasten förstörad med säkerhetsfaktorer, för att ge större säkerhet, [21].

Permanent last – Last som kommer att verka under en bestämd tid och där lastens storleksförändring med tiden är obetydlig, [21].

Variabel last – En last som verkar under en obestämd tid där lastens storleksförändring varierar med tiden. I byggnader där fler variabla laster samverkar ska alla laster utom en reduceras med reduktionsfaktorn ψ som visas i Tabell 3.9 för nyttig last, Tabell 3.11 för snölast och Tabell 3.16 för vindlast, [22].

Huvudlast – I varje lastkombination ska en variabel last beräknas som huvudlast. Huvudlasten reduceras inte som de övriga variabla lasterna, [21].

Lastreduktionsfaktor – Reducerar övriga laster, eftersom de oftast inte verkar fullt ut, samtidigt som huvudlasten. Gäller ej egentyngd, [21].

Gränstillstånd – Tillstånd där man är precis på gränsen att inte uppfylla krav som ställs, [21].

Brottgränstillstånd – Ett gränstillstånd som tar hänsyn till om någon del i den bärande konstruktionen skulle gå sönder. Brottgränstillståndet berör människans och byggnadens säkerhet. Hur dimensionerande last i brottgränstillståndet bestäms visas i Tabell 3.4, där de olika ekvationerna visas, [21].

STR – Används för verifiering av att konstruktionen eller delar av den inte går till brott på grund av spänningar eller instabilitet, [21] [23].

EQU – Jämviktskrav som ska visa att konstruktionen är stabil, t.ex. dimensionering av mothållande förankring eller upplag, [21] [23].

För att räkna ut dimensionerande last används de tre ekvationerna i Tabell 3.4. Ska t.ex. dimensionerande last enligt 6.10b bestämmas används formlerna i den kolumnen. Verkan av lasterna i kolumnen adderas med varandra, där additionen innebär att verkan på konstruktionen av de olika lasterna kombineras med varandra, [21].

γ_d beror på säkerhetsklass och $\psi_{0,i}$ är reduktionsfaktor för respektive last.

Tabell 3.4 Lastkombinationer i brottgränstillstånd, [24].

Lastkombination brottgränstillstånd			
	STR	STR	EQU
Uppsättning	B	B	A
Ekvation	6.10a	6.10b	6.10
Permanent last G			
ogynnsam G_k	$\gamma_d 1,35 G_k$	$\gamma_d 1,2 G_k$	$\gamma_d 1,1 G_k$
gynnsam G_k	$1,0 G_k$	$1,0 G_k$	$\gamma_d 0,9 G_k$
Variabel last Q			
Huvudlast Q_k	-	$\gamma_d 1,5 Q_{k,1}$	$\gamma_d 1,5 Q_{k,1}$
Övriga var. laster	$\gamma_d 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\gamma_d 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\gamma_d 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Siffrorna som är angivna i Tabell 3.4 är säkerhetsfaktorer som förstörar eller reducerar lasten beroende på lastkombination, [21].

Ekvation 6.10b används vanligtvis vid dimensionering då permanent last inte är den dominerande lasten. Ekvation 6.10a tar hänsyn till dimensionering där permanent last är den dominerande lasten och ekvation 6.10 används vid kontroll av statisk jämvikt, [25] [24].

Bruksgränstillstånd – används vid verifiering av funktion vid normal användning. Detta innebär t.ex. att hänsyn till nedböjning av ett bjälklag beaktas. Det innebär att en byggnadsdel inte ska få nedsättning av funktion, [21].

Vid bestämning av dimensionerande laster finns det olika lastkombinationer, precis som det gör i brottgränstillståndet. Vid dimensionering för permanent skada används karakteristisk lastkombination (irreversibelt gränstillstånd). Frekvent lastkombination används däremot då skador är tillfälliga (reversibelt gränstillstånd). Ett exempel på detta är vibrationer i en glasruta eller golv som kan upplevas som obehagliga. Kvasi-permanent lastkombination används vid dimensionering för långtidslaster. Detta innefattar då krypning och krav gällande deformationer av estetiska skäl. Dessa olika ekvationer finns i Tabell 3.5, [24].

Tabell 3.5 Lastkombinationer i bruksgränstillstånd, [24].

Lastkombination bruksgränstillstånd			
Ekvation	6.14b	6.15b	6.16b
	Karakteristisk	Frekvent	Kvasi-permanent
Permanent last G_k	$1,0G_k$	$1,0G_k$	$1,0G_k$
Variabel last Q			
Huvudlast Q_k	$1,0Q_k$	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$	-
Övriga var. laster	$\psi_{0,i}Q_{k,i}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$

Lastkombinationer för bruksgränstillståndet räknas ut enligt samma procedur som i brottgränstillståndet.

Säkerhetsklass

Det finns olika säkerhetsklasser för olika byggnadsdelar i en byggnad. Beroende på vilken risk för personskador som föreligger vid brott i en byggnadsdel kan det bärande elementet delas in i en av tre olika säkerhetsklasser enligt Tabell 3.6, [25].

Tabell 3.6 Säkerhetsklasser, [25] [24].

Säkerhetsklass	Konsekvens av brott	γ_d
1	(låg), liten risk för allvarliga personskador	0,83
2	(normal), någon risk för allvarliga personskador	0,91
3	(hög), stor risk för allvarliga personskador	1,0

Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser enligt EKS10:

”10 § Byggnadsverksdelar får hänföras till säkerhetsklass 1, om minst ett av följande krav är uppfyllt

- personer vistas endast i undantagsfall i, på, under eller invid byggnadsverket,

- byggnadsverksdelen är av sådant slag att ett brott inte rimligen kan befaras medföra allvarliga personskador, eller
- byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott inte leder till kollaps utan endast till obrukbarhet.

11 § Byggnadsverksdelar ska hänföras till säkerhetsklass 3, om följande förutsättningar samtidigt föreligger

- byggnadsverket är så utformat och använt att många personer ofta vistas i, på, under eller invid det,
- byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför stor risk för allvarliga personskador, och
- byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott leder till omedelbar kollaps.

12 § Byggnadsverksdelar som inte omfattas av 10 och 11 §§ ska hänföras till lägst säkerhetsklass 2.”

Nedan anges ett mer detaljerat exempel på hur ett bostadshus med två eller fler våningar kan delas in i säkerhetsklasser. Det finns olika säkerhetsklasser för olika byggnader (t.ex. bostadshus och hallbyggnad) och resterande byggnader finns angivna i EKS10.

”Två- och flervåningsbyggnader av typen bostadshus

Säkerhetsklass 3

- Byggnadens bärande konstruktion samt byggnadsdelar som är betydelsefulla för konstruktionens stabilitet.
- Bärande konstruktionsdelar, t.ex. pelare och balkar, som vid brott innebär att en bjälklagsyta större än 150 m² rasar.
- Byggnadens utrymningsvägar som t.ex. trappor, loftgångar och balkonger.

Säkerhetsklass 2

- Trappor och bjälklagsbalkar som inte tillhör säkerhetsklass 3.
- Delar av tunga ytterväggskonstruktioner och infästningar till tunga ytterväggskonstruktioner som inte är med i de bärande konstruktionen samt befinner sig högre än 3,5 meter ovanför marken. Delar av tunga ytterväggskonstruktioner innefattar massa per area ≥ 50 kg/m².
- Mellanväggar som är tunga (massa per area ≥ 250 kg/m²) som inte tillhör den bärande konstruktionen.
- Infästning av undertak som har en massa per area ≥ 20 kg/m².

Säkerhetsklass 1

- Lätta innerväggar som inte tillhör den bärande konstruktionen.
- Lätta sekundära ytterväggskonstruktioner av icke sprött material

- Bjälklag som ligger direkt på eller precis över marken.
- Alla sekundära ytterväggskonstruktioner i byggnadens entréväning
- Yttertak där lätta ytbärverk (massa per area $\leq 50 \text{ kg/m}^2$) är icke sprött material.”

3.2.2 Permanent last

Egentyngd är konstruktionens tyngd. Denna tyngd bör kategoriseras som en permanent last, [22]. Permanent last är en last som inte förändras med tiden, [21].

Egentyngdens karakteristiska last räknas ut genom att ta densiteten för materialet multiplicerat med gravitationskonstanten, 9,82. Det gäller även för installationer och andra permanenta konstruktionsdelar. Efter detta bestäms dimensionerande last enligt brott- eller bruksgränstillståndet.

3.2.3 Variabla laster

Variabla laster är laster som inte är permanenta utan ändras med tiden. I detta kapitel behandlas de variabla lasterna nyttig last, snölast och vindlast, [22].

Om det är samverkande laster, vilket innebär att det är fler än en last som verkar samtidigt, t.ex. vindlast och snölast, ska effekten av dessa laster kombineras där den värsta lastkombinationen ska bestämmas. Detta görs med hjälp av de olika lastkombinationerna i Kapitel 3.2.1, [22].

Nyttig last

Nyttig last är en last som används för att dimensionera de byggnadsdelar som människan och inredning påverkar t.ex. golv, bjälklag och barriärer. De olika användningssätten visas i Tabell 3.7. Den nyttiga lasten kommer skilja sig om det är t.ex. en bostad, kontor eller ett parkeringshus. Reduktionsfaktorer för nyttig last, se Tabell 3.9, [22].

Barriärer utsätts för olika nyttiga laster beroende på vilken byggnadskategori barriären befinner sig i. De karakteristiska värdena för linjelasten, q_k , som verkar i överkanten av barriären, dock inte högre än 1,20 m, bör väljas enligt Tabell 3.8, [22].

Vid dimensionering av tak kan man bortse från att nyttig last verkar samtidigt som vind- och/eller snölast, [22].

Tabell 3.7 Nyttig last för olika lokaliteter, [22].

Lokalitet/Utrymme	Utbredd last ^a (kN/m ²)	Konc. Last ^b (kN)
A: Bostäder och dylikt		
-Bjälklag	2,0	2,0
-Trappor	2,0	2,0
-Balkonger	3,5	2,0
-Vindsbjälklag 1	1,0	1,5
-Vindsbjälklag 2	0,5	0,5
B: Kontorslokaler		
-B1: Kontorslokaler	2,5	3,0
C: Lokaler där människor kan samlas		
-C1: Utrymmen med bord (skolor, restauranger, matsalar)	2,5	3,0
-C2: Utrymmen med fasta sittplatser (kyrkor, teater, biograf)	2,5	3,0
-C3: Utrymmen utan hinder för människor i rörelse (museer, utställningslokaler)	3,0	3,0
-C4: Utrymmen med fysisk aktivitet (danslokaler, gymnastiksal)	4,0	4,0
-C5: Utrymmen där stora folksamlingar kan förekomma (sporthallar, terrasser)	5,0	4,5
D: Affärslokaler		
-D1: Lokaler avsedda för detaljhandel	4,0	4,0
-D2: Lokaler i varuhus	5,0	7,0
^a Utbredd last är en last som verkar per m ² , t.ex. egentyngden av ett tak. ^b Koncentrerad last är en punktlast som endast verkar på en punkt på en byggnadsdel, behöver ej antas verka samtidigt som utbredd nyttig last.		

Tabell 3.8 Horisontella laster på barriärer, [22].

Kategorier av användningsområden	q_k [kN/m]	q_k [kN/m] ^a
Kategori A	$0,2 \leq q_k \leq 1,0$	0,5
Kategori B och C1	$0,2 \leq q_k \leq 1,0$	0,5
Kategori C2 – C4 och D	$0,8 \leq q_k \leq 1,0$	1,0
Kategori C5	$3,0 \leq q_k \leq 5,0$	3,0
Kategori E	$0,8 \leq q_k \leq 2,0$	2,0

^a Dessa värden ska användas i Sverige.
För utrymmen i kategori E, lagerutrymmen, beror de horisontella lasterna på lokalens användning. Därför anges värdet på q_k som ett minimumvärde och bör kontrolleras för det aktuella användningsområdet.

Tabell 3.9 Reduktionsfaktorer för nyttig last, [21].

Nyttig last i byggnader	ψ_0	ψ_1	ψ_2
A: Rum och utrymmen i bostäder	0,7	0,5	0,3
B: Kontorslokaler	0,7	0,5	0,3
C: Samlingslokaler	0,7	0,7	0,6
D: Affärslokaler	0,7	0,7	0,6
E: Lagerutrymmen	1,0	0,9	0,8
F: Utrymmen med fordonstrafik ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G: Utrymmen med fordonstrafik $30 \text{ kN} \leq \text{fordonstygnd} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
H: Yttertak	0,0	0,0	0,0

Snölast

Snölast är den last som snön utgör på en byggnad. Snölasten räknas ut genom Ekvation 3.1 enligt Eurokod 1991-1-3.

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (3.1)$$

där

μ_i Formfaktor som bestäms av taklutningen, för värden för sadeltak, se Figur 3.3

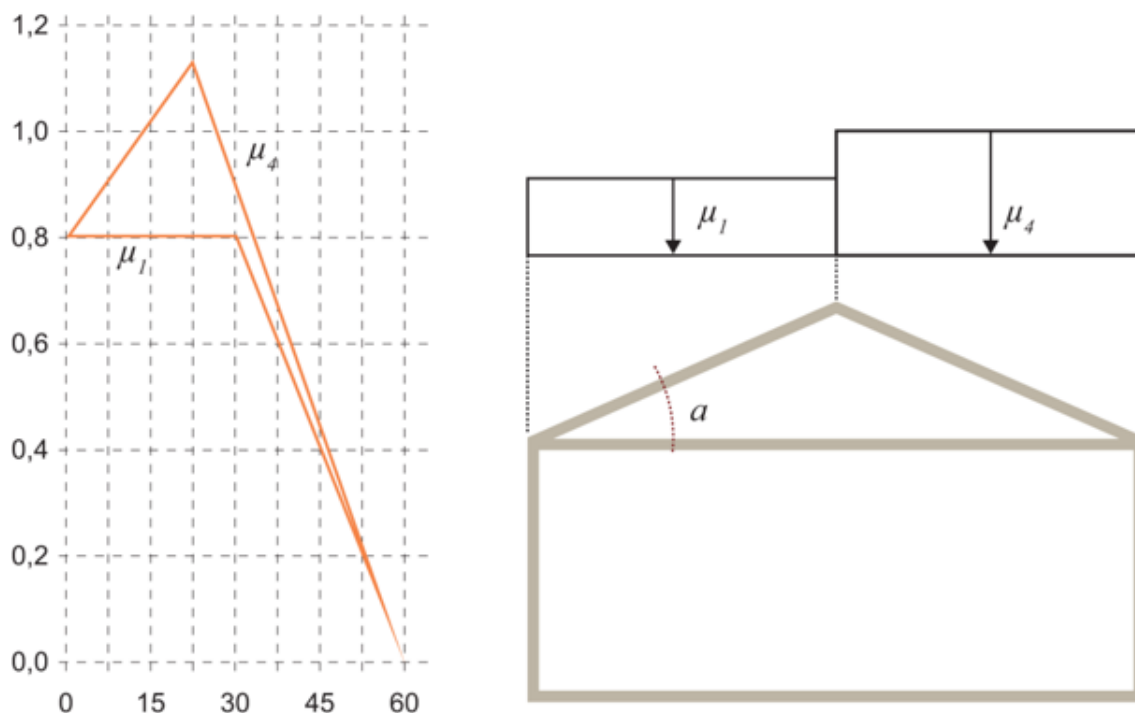
C_e Faktor som beror på topografin, se Tabell 3.10

C_t Faktor som beror på energiförluster genom tak. Är normalt $C_t = 1$

s_k Snölastens grundvärde på marknivå, se Figur 3.4 och Figur 3.5

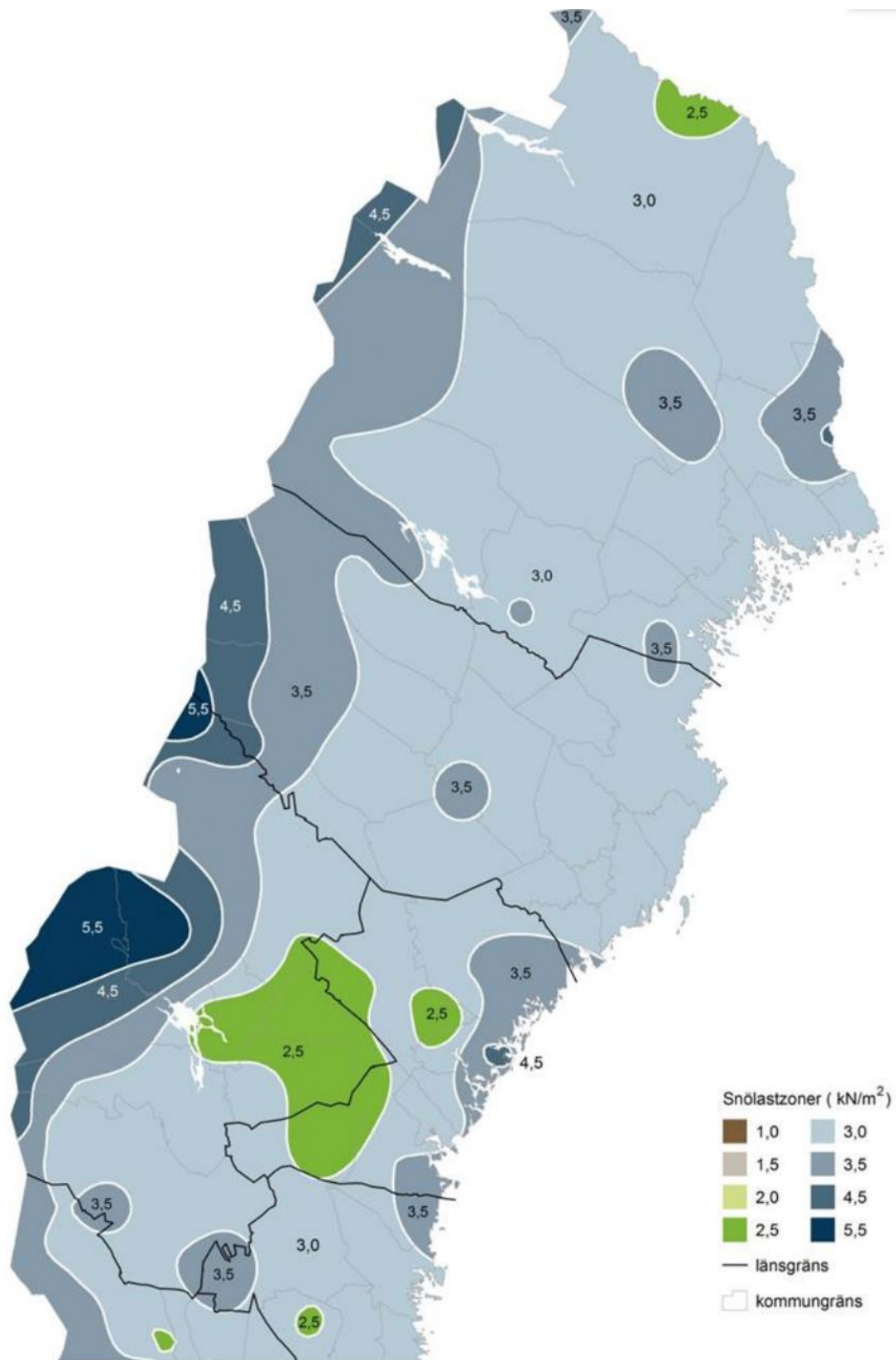
Reglerna för snölast gäller inte för byggnader belägna över 1500 meters höjd, [26].

Formfaktor för taklutningen, μ_i , gör att snölasten tar hänsyn till att snödrift kan ske. Detta innebär att vinden kan blåsa snö från den ena sidan till den andra sidan, vilket betyder att det kan bli mer last på ena sidan av taket.

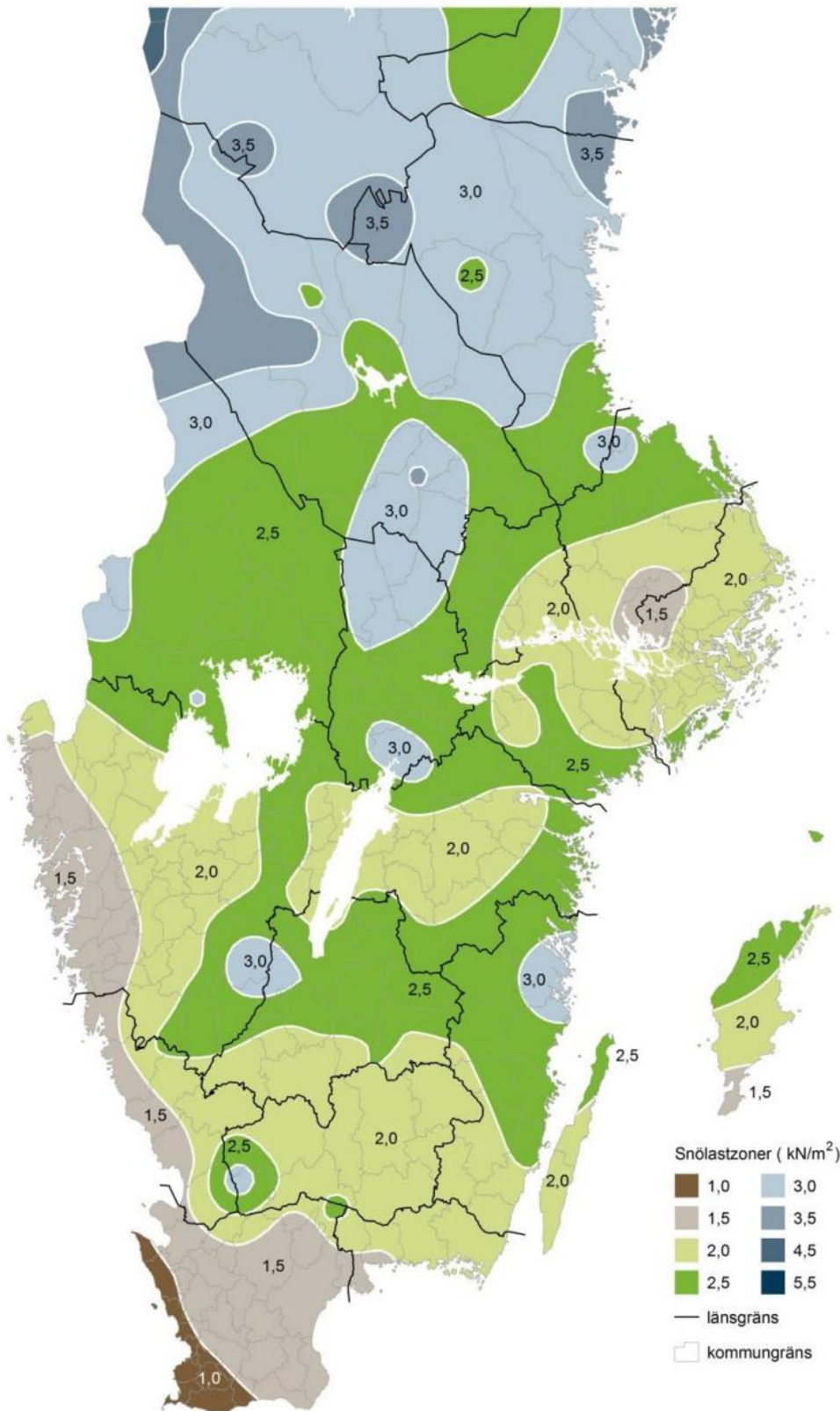


Figur 3.3 Hur μ_i tas fram på ett sadeltak. D.v.s. hur snödriften kan bete sig och hur det påverkar snölasten, [27].

Vid bestämning av snölastens grundvärde, s_k , utgår man från geografiskt läge, se Figur 3.4 och Figur 3.5. Inom Sverige är det en stor variation på snölastens grundvärde, i sydvästra Sverige har s_k ett värde på 1,0 kN/m² medan i delar av norra Sverige har s_k ett värde på 5,5 kN/m². Snözonerna i landet är benämnda efter snölastens grundvärde. Det innebär att ett geografiskt område där s_k är 2,0 kN/m² benämns som snözon 2,0, [26] [24].



Figur 3.4 Snözoner, [28].



Figur 3.5 Snözoner, [28].

Referensvärdet på marknivå och snölasten på taket kan skilja sig åt då lasten på taket kan vara i skyddat läge eller inte. På ett oskyddat tak där det förekommer starkare vind får man en mindre snölast än om taket är väl skyddat. För att ta hänsyn till detta i beräkningar används C_e , som är en faktor som beror på terrängens fysiska form. De olika faktorerna beroende på topografin visas i Tabell 3.10. Om taket har stor lutning genererar även det att snölasten blir lägre än det referensvärde som finns i Figur 3.3. Snölasten på tak kan reduceras om taket är oisolerat och utrymmet nedanför är varaktigt uppvärmt, [26] [24].

Tabell 3.10 Topografi, [26].

Topografi	C_e
Vindutsatt ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Skyddad ^c	1,2
^a Öppen terräng där vinden är exponerad i alla riktningar utan skydd eller med begränsat skydd av terrängen. <u>Värde <1 får inte användas enligt EKS10.</u> ^b Yta där snön enbart i speciella fall blåser av byggnaden. Träd, sammanhängande terräng, eller byggnader. ^c Yta där byggnaden är mycket lägre än omgivande terräng eller är omgiven av höga byggnader och/eller träd.	

Precis som för nyttig last kan en reduktionsfaktor behövas även för snölast. Reduktionsfaktorn, ψ , beror på snölastens grundvärde, s_k . Reduktionsfaktorerna visas i Tabell 3.11, [25].

Tabell 3.11 Snölastens reduktionsfaktorer vid dimensionering, [25].

Snölast	ψ_0	ψ_1	ψ_2
$s_k \geq 3 \text{ kN/m}^2$	0,8	0,6	0,2
$2,0 \leq s_k < 3,0 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$1,0 \leq s_k < 2,0 \text{ kN/m}^2$	0,6	0,3	0,1

Snöfickor enligt Eurokod 1991-1-3

Snödrift och snöras är något som kan orsaka snöfickor. En del av det som Eurokod 1991-1-3 tar upp angående snödrift, snöras och snöfickor finns i detta avsnitt. Mer om snöfickor, se Eurokod 1991-1-3.

Snödrift uppstår då vinden blåser snö från ett ställe på taket till ett annat, vilket gör att en större del av snön, tyngden, hamnar på ett ställe. Detta gör att taket utsätts för en större last

på en mindre yta. Snödrift är mest kritiskt på tak med osymmetrisk profil. Hur detta beaktas visas i Figur 3.3, [24].

Snöras är när snön rasar ner från en högre punkt till en lägre punkt på taket med hjälp av takets lutning och vind. Detta medför att taket på den lägre punkten kan utsättas för en större last på en mindre yta, att snön blir ett hinder på marken nedanför eller att människor blir träffade av snön, [24].

Formfaktorn μ_i , som används i Ekvation 3.1, för snöras räknas ut enligt Ekvation 3.2.

$\mu_1 = 0,8$ under förutsättning att det lägre taket är horisontellt.

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (3.2)$$

där

μ_s är formfaktorn för snöraset från det högre taket till det lägre taket

För $\alpha \leq 15^\circ$, $\mu_s = 0$

För $\alpha > 15^\circ$, μ_s är då 50 % av det övre takets maximala snölast.

μ_w är formfaktorn för snödrift, där de rekommenderade värdena för μ_w är 0,8–4,0. Se Ekvation 3.3.

$$\mu_w = \frac{(b_1+b_2)}{l_s} \text{ dock max } \frac{\gamma h}{s_k} \quad (3.3)$$

där

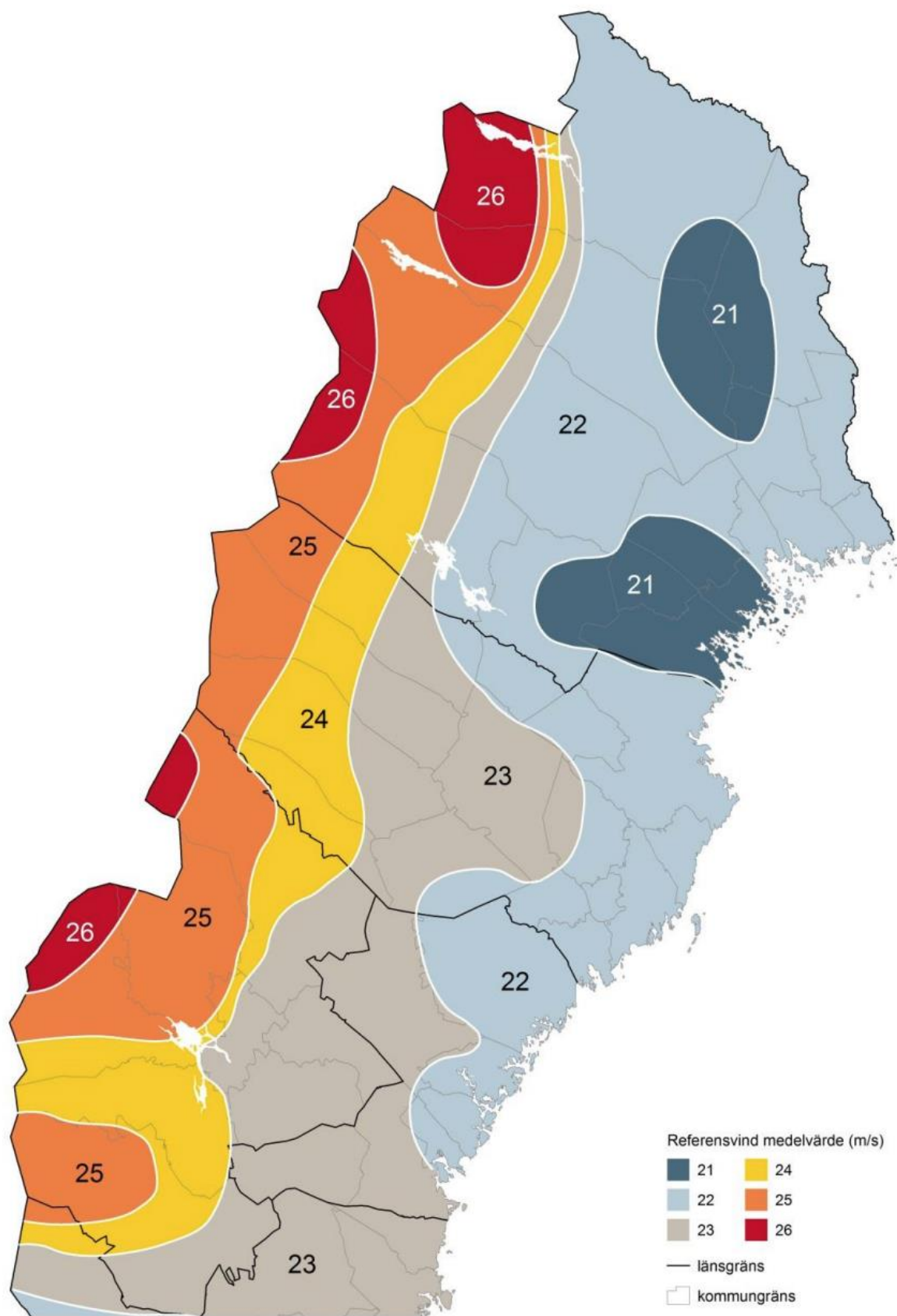
γ är snöns tunghet, 2,0 kN/m³

l_s snöfickans längd som bestäms enligt 2h, där de rekommenderade värdena för l_s är 5–15 m

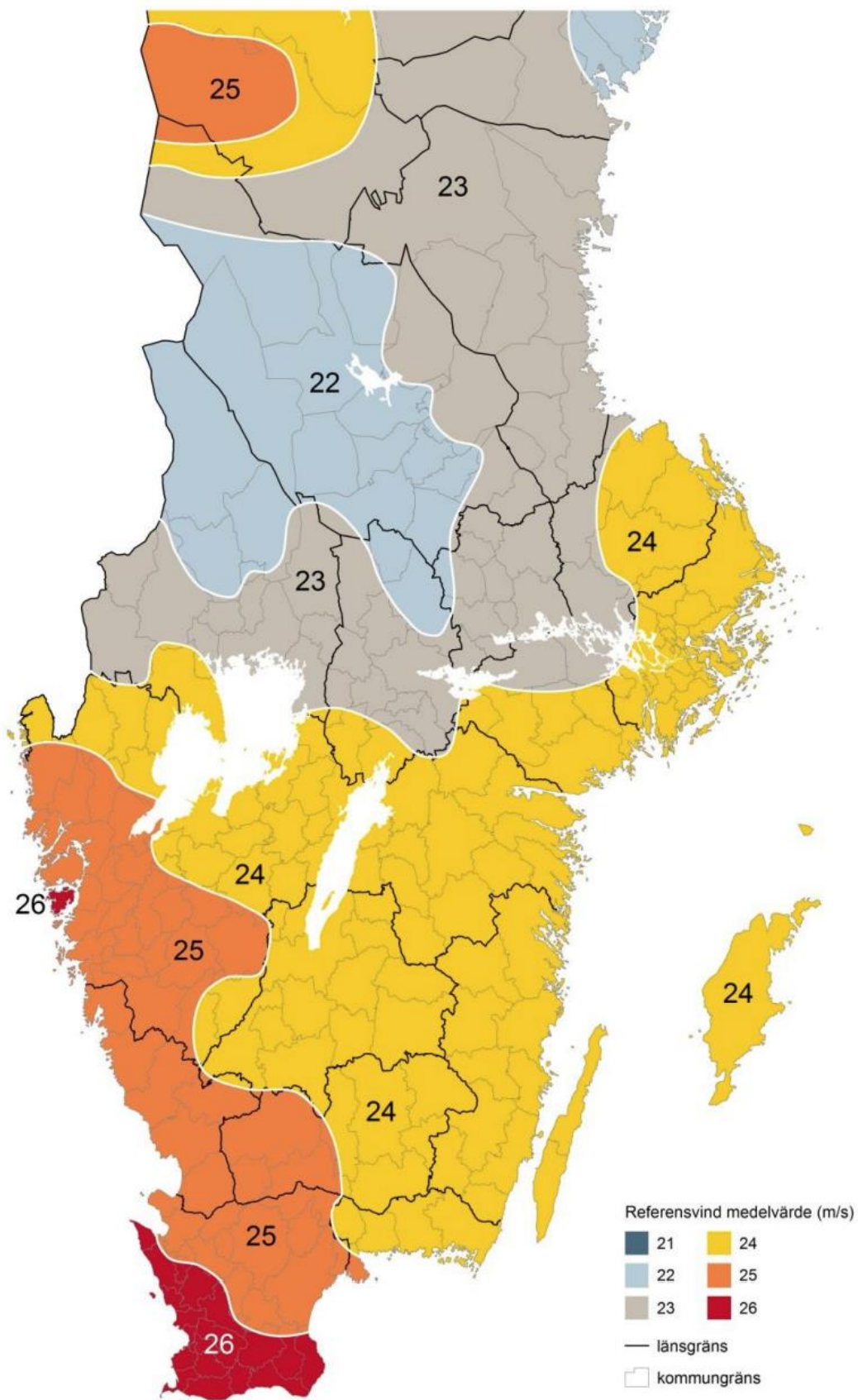
Om ett skärmtak används på en högre fasad kan μ_w sättas till 2,0. Detta gäller om skärmtaket sticker ut mindre än 3,0 meter från fasaden och väggen ovanför skärmtaket är högre än 5,0 meter. Om detta inte uppfylls används de rekommenderade gränserna som räknas ut i Ekvation 3.3, [25].

Vindlast

Vindlast påverkar byggnaden med en last som oftast angriper vinkelrätt mot ytan som t.ex. på en fasad, men i vissa fall även parallellt med ytan. Vindlasten beror på referenshastigheten, v_b (Figur 3.6 och Figur 3.7), terrängtyp (Tabell 3.14) byggnadens höjd samt hur byggnaden är utformad. Referenshastigheten beror på var byggnaden är belägen geografiskt sett, medan terrängtypen beror på hur omgivningen kring byggnaden ser ut, [29] [24].



Figur 3.6 Vindstyrka i Sverige, [30].



Figur 3.7 Vindstyrka i Sverige, [30].

En utvändigt vindlast på ett hus kan medföra inre vindlaster såsom sug respektive tryck. Den karakteristiska vindlasten beräknas enligt Ekvation 3.4.

$$w = q_p(c_{pe} - c_{pi}) \quad (3.4)$$

där

q_p karakteristiskt värde på vindens hastighetstryck

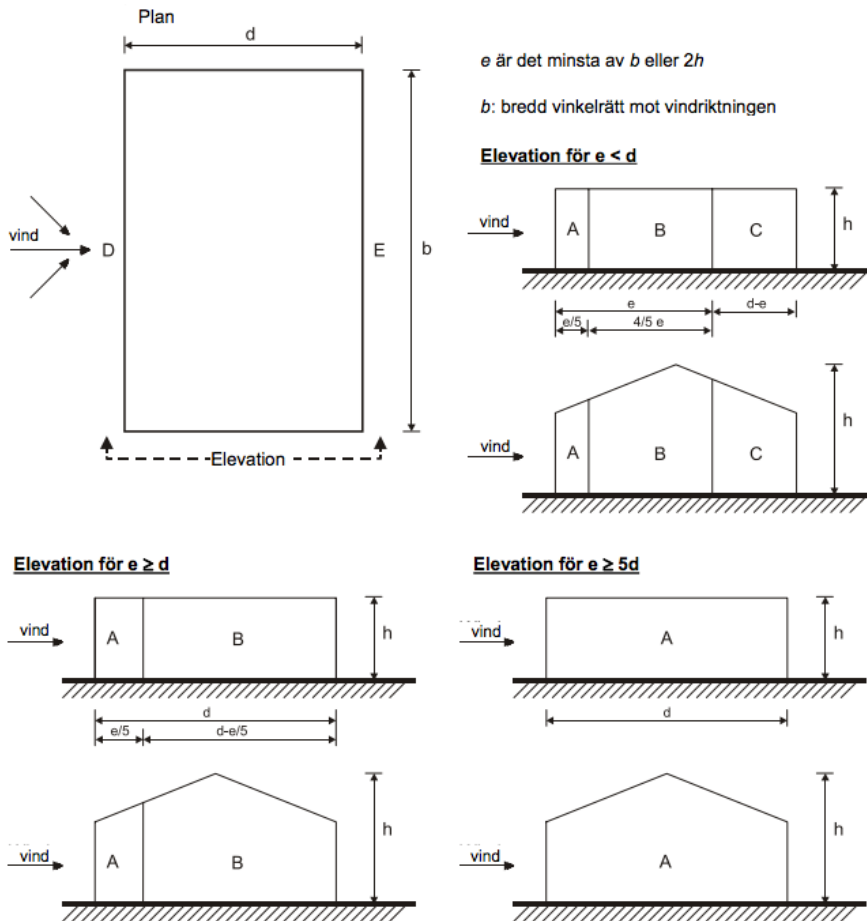
c_{pe} formfaktor för utvändigt vindlast

c_{pi} formfaktor för invändigt vindlast

Den utvändiga vindlastens formfaktor, c_{pe} , bestäms beroende på hur vinden angriper byggnaden, t.ex. vind mot väggens långsida eller tak. Den beror dessutom på hur många kvadratmeter vinden angriper bärverket, $<1,0 \text{ m}^2$ eller $>10 \text{ m}^2$. Om vindlasten skulle angripa en yta med en storlek mellan 1 och 10 m^2 så behöver en logaritmisk interpolering göras. Dimensionering av ett fästdon är ett exempel på när vinden angriper ett bärverk $<1,0 \text{ m}^2$ och då används $c_{pe,1}$. Vid dimensionering av bärverket i sin helhet används istället $c_{pe,10}$ då vinden angriper bärverket med $>10 \text{ m}^2$. Formfaktorer för vägg och plana tak visas i Figur 3.8 respektive Figur 3.9. Värden för dessa finns i Tabell 3.12 och Tabell 3.13. För övriga vägg- och taktyper se SS-EN 1991-1-4, [29] [24].

Det inre trycket samt suget som kan bildas när en byggnad utsätts för vindlast har c_{pi} -värden. För sug och tryck är dessa värden -0,3 (sug) respektive 0,2 (tryck), [29] [24].

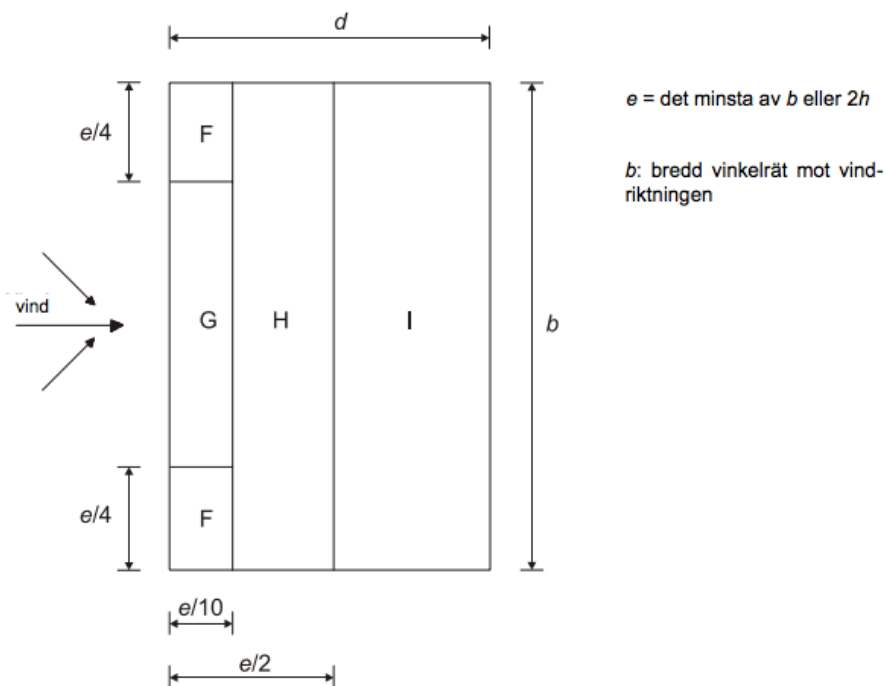
För att få den värsta vindlast som påverkar en byggnad eller byggnadsdel subtraheras konstanterna c_{pe} och c_{pi} , se Ekvation 3.4. Den ogynnsamma inre vindlasten är sug om det är tryck på utsidan och vice versa. Tryck anges som positivt och sug som negativt, [29].



Figur 3.8 Zoner för vägg, [29].

Tabell 3.12 Formfaktorer för vägg, [29].

h/d	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	



Figur 3.9 Zoner för plana tak, [29].

Tabell 3.13 Formfaktorer för plana tak, [29].

Taktyp	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Normal takfot	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	
							-0,2	

Tabell 3.14 Terrängtyp, [29].

Terrängtyp	
0	Kust- eller havsområde exponerat för öppet hav.
1	Horisontellt område (t.ex. sjö) med försumbar växtlighet och utan hinder.
2	Område med lite växtlighet som gräs och enstaka hinder (t.ex. träd och byggnader). Avståndet mellan hindren ska vara minst 20 gånger hindrets höjd.
3	Område täckt med växtlighet eller byggnader eller med enstaka hinder som har ett avstånd som är 20 gånger hindrets höjd. (byar, skogsmark, förorter)
4	Område där minst 15 % av ytan är bebyggd där byggnadernas medelhöjd är högre än 15 meter.

För att bestämma q_p läses kartan av och en referenshastighet tas fram. Beroende på hur landskapet ser ut där byggnaden ska befinna sig bestäms terrängtypen enligt Tabell 3.14. Efter det fås q_p genom att läsa av Tabell 3.15 där referenshastigheten, v_b , höjden på byggnaden, z , och terrängtypen är indata, [29] [24].

Tabell 3.15 Värden på q_p (kN/m^2), [25].

v_b (m/s)	z (m)	Terrängtyp				
		0	I	II	III	IV
21	2	0,77	0,67	0,50	0,45	0,41
	4	0,90	0,81	0,64	0,45	0,41
	8	1,04	0,95	0,79	0,55	0,41
	12	1,13	1,04	0,89	0,65	0,45
	16	1,19	1,11	0,96	0,72	0,52
	20	1,24	1,16	1,01	0,78	0,58
	25	1,29	1,22	1,07	0,84	0,64
	30	1,33	1,26	1,12	0,89	0,69
	35	1,37	1,30	1,16	0,93	0,73
	40	1,40	1,33	1,20	0,97	0,77
22	2	0,60	0,52	0,39	0,35	0,32
	4	0,70	0,63	0,50	0,35	0,32
	8	0,81	0,74	0,61	0,43	0,32
	12	0,87	0,81	0,69	0,50	0,35
	16	0,92	0,86	0,74	0,56	0,40
	20	0,96	0,90	0,78	0,60	0,45
	25	1,00	0,94	0,83	0,65	0,49
	30	1,03	0,98	0,87	0,69	0,53
	35	1,06	1,01	0,90	0,72	0,56
	40	1,08	1,03	0,93	0,75	0,59
23	2	0,65	0,57	0,43	0,38	0,35
	4	0,76	0,68	0,54	0,38	0,35
	8	0,88	0,81	0,67	0,47	0,35
	12	0,95	0,88	0,75	0,55	0,38

	16	1,01	0,94	0,81	0,61	0,44
	20	1,05	0,98	0,86	0,66	0,49
	25	1,09	1,03	0,91	0,71	0,54
	30	1,13	1,07	0,95	0,75	0,58
	35	1,16	1,10	0,98	0,79	0,62
	40	1,18	1,13	1,01	0,82	0,65
	45	1,21	1,16	1,04	0,85	0,68
24	2	0,71	0,62	0,46	0,41	0,38
	4	0,83	0,75	0,59	0,41	0,38
	8	0,96	0,88	0,73	0,51	0,38
	12	1,04	0,96	0,82	0,60	0,42
	16	1,10	1,02	0,88	0,66	0,48
	20	1,14	1,07	0,93	0,72	0,53
	25	1,19	1,12	0,99	0,77	0,59
	30	1,23	1,16	1,03	0,82	0,63
	35	1,26	1,20	1,07	0,86	0,67
	40	1,29	1,23	1,10	0,89	0,71
	45	1,32	1,26	1,13	0,92	0,74
25	2	0,77	0,67	0,50	0,45	0,41
	4	0,90	0,81	0,64	0,45	0,41
	8	1,04	0,95	0,79	0,55	0,41
	12	1,13	1,04	0,89	0,65	0,45
	16	1,19	1,11	0,96	0,72	0,52
	20	1,24	1,16	1,01	0,78	0,58
	25	1,29	1,22	1,07	0,84	0,64
	30	1,33	1,26	1,12	0,89	0,69
	35	1,37	1,30	1,16	0,93	0,73
	40	1,40	1,33	1,20	0,97	0,77
	45	1,43	1,36	1,23	1,00	0,80
26	2	0,84	0,73	0,55	0,49	0,44
	4	0,98	0,87	0,69	0,49	0,44
	8	1,13	1,03	0,86	0,60	0,44
	12	1,22	1,13	0,96	0,70	0,49

	16	1,29	1,20	1,04	0,78	0,56
	20	1,34	1,26	1,10	0,84	0,63
	25	1,40	1,32	1,16	0,90	0,69
	30	1,44	1,37	1,21	0,96	0,74
	35	1,48	1,41	1,25	1,00	0,79
	40	1,51	1,44	1,29	1,04	0,83
	45	1,54	1,48	1,33	1,08	0,87

Skulle byggnaden vara högre än 45 meter, se EKS10.

För reduktionsfaktorer för vindlast vid dimensionering, se Tabell 2.1.

Tabell 3.16 Reduktionsfaktorer för vindlast, [29].

Vindlast	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	0,3	0,2	0,0

3.3 Pre standard för glas, prEN 16612

All information från detta kapitel är hämtat från ”Draft prEN 16612, Glass in building - Determination of the lateral load resistance of glass panes by calculation”, om inget annat anges i texten, [10].

prEN 16612 är en av de två processer som pågår idag där dimensioneringsregler för glas ska beskrivas. Detta är inte en gällande standard än. I denna europeiska pre standard finns ekvationer för böjhållfastheten i glas. Standarden innehåller även metoder för beräkningar samt vägledning för laster som angriper infill panels.

Infill panels är stomkomplement som bär sin egen vikt samt laster som oftast angriper vinkelrätt mot ytan, t.ex. fasadpaneler och fönster i fasad. Vid dimensionering av infill panels används värde från Tabell 3.17 istället för säkerhetsklass och säkerhetsfaktor från Kapitel 3.2.1.

Beständighet mot laster som angriper vinkelrätt glasytan är bara en del av beräkningsprocessen. Det finns andra faktorer som behövs tas hänsyn till som inte denna standard tar hänsyn till, dessa är t.ex.

- Laster i planet, knäckning, böjvridknäckning och skjuvning
- Miljöfaktorer, t.ex. ljudisolering (akustik)

3.3.1 Mekaniska och fysikaliska värden för glas.

Mellan olika glastyper skiljer sig inte värdena för de mekaniska och fysikaliska egenskaperna åt och därför kan följande värden användas för alla glastyper:

Glasetts densitet $\rho = 2\,500 \text{ kg/m}^3$

Elasticitetsmodul $E = 70\,000 \text{ MPa}$

Poissons tal $\mu = 0,22$

3.3.2 Lastkombinationer

Beräkningsmetoden för dimensionerande last är densamma som den som beskrevs i Kapitel 3.2.1. Vid beräkning av dimensionerande last för infill panels ersätts säkerhetsklass och säkerhetsfaktor i Tabell 3.4 med partialkoefficient från Tabell 3.17. Vid klimatbelastning för isolerglas används reduktionsfaktorer i Tabell 3.18.

Tabell 3.17 Partialkoefficienter för infill panels.

Partialkoefficienter för variabla laster.		Partialkoefficienter för glasets egentyngd.	
Gynnsam	Ogynnsam	Gynnsam	Ogynnsam
0,0	1,1	1,0	1,1

Tabell 3.18 Reduktionsfaktorer för klimatbelastning.

Infill panel		
Klimatbelastningar för isolerglas	ψ_0	0,3
	ψ_1	0,3
	ψ_2	0,0

Klimatbelastning innebär temperatur- och tryckskillnader som påverkar konstruktionen.

3.3.3 Böjhållfasthet för planglas

Beräkning av dimensionerande böjhållfasthet för planglas, oavsett tillverkningsprocess, görs enligt Ekvation 3.5.

$$f_{g;d} = \frac{k_e k_{mod} k_{sp} f_{g;k}}{\gamma_{M;A}} \quad (3.5)$$

där

$f_{g;k}$ karakteristiskt värde för böjhållfasthet gällande planglas ($f_{g;k}=45$ MPa)

$\gamma_{M;A}$ partialkoefficient för planglas ($\gamma_{M;A} = 1,8$)

k_{sp} faktor för glasets ytprofil

k_{mod} faktor för varaktigheten av last

k_e reduktionsfaktor för styrka vid kant gällande planglas, se Tabell 3.19

Materialets partialkoefficient

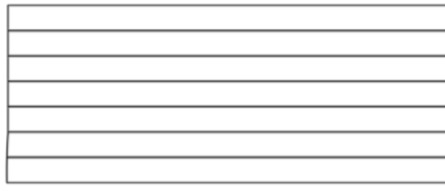
Partialkoefficienten, γ_M , tar bl.a. hänsyn till spridningen i materialets egenskaper och nivån av kontroll vid tillverkning och dimensionering.

Styrka vid kant

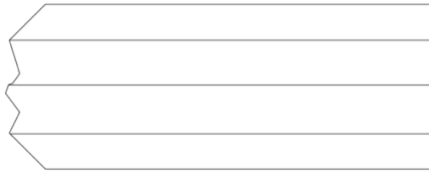
Faktorn, k_e , sätts till 1,0 om det inte finns höga spänningar längs kanterna. Om glaset har höga spänningar vid kant som t.ex. om det är upplagt på två eller tre kanter, kan värdet på k_e vara lägre än 1,0. Värden på k_e hämtas från Tabell 3.19.

Tabell 3.19 Styrka vid kant, k_e .

Faktor för styrka vid kant, k_e			
Glastyp	As-cut, arrissed, or ground edges ^a	Seamed edges ^b	Polished edges ^c
Planglas	0,8	0,9	1,0
^a Slipade kanter, se Figur 3.10, Figur 3.11 och Figur 3.12 ^b Slipat den längsgående kanten, se Figur 3.14 ^c Slipade och polerade kanter, se Figur 3.13			



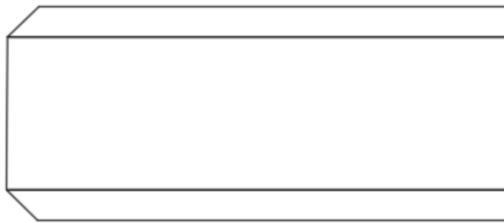
Figur 3.10 Rå kant.



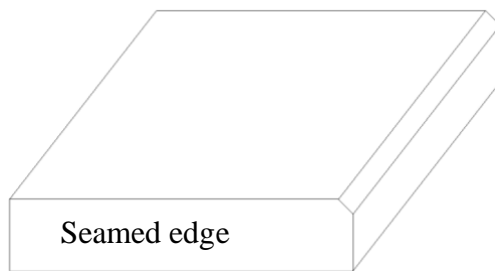
Figur 3.11 Struken kant.



Figur 3.12 Slipad kant.



Figur 3.13 Polerad kant.



Figur 3.14 Seamed edge.

Faktorer för glasets ytprofil

Glasets ytprofil, k_{sp} , beror på hur glasets yta ser ut. Planglas, härdat glas och värmeförstärkt glas har alla samma ytprofil och för dessa kan k_{sp} sättas till 1,0.

Faktor för varaktigheten av last

För att ta hänsyn till att glaset är belastat över tid används en faktor, k_{mod} , som reducerar böjhållfastheten, $f_{g,d}$. k_{mod} beräknas enligt Ekvation 3.6.

$$k_{mod} = 0,663t^{-\frac{1}{16}} \quad (3.6)$$

där

t är tiden glaset är belastat i timmar

För normala laster för byggnader har k_{mod} minimum- och maximumvärden som är 0,25 respektive 1,0.

Typiska värden på k_{mod} visas i Tabell 3.20.

Tabell 3.20 Typiska värden på k_{mod} .

Last	Lastens varaktighet	k_{mod}
Vind	10 minuter ekvivalent ^a	0,74
Barriär - Personbelastning	30 sekunder ^b	0,89
Barriär - Folkmassa	5 minuter ^b	0,77
Underhållsbelastning	30 minuter	0,69
Snö	3 veckor ^c	0,45
Egenvikt	Permanent (50 år)	0,29

^a Värdet av $k_{mod}=0,74$ är baserat på en tid på 10 minuter, vilket anses vara representativt för verkan av en storm som kan vara aktiv i flera timmar.

^b Värdet av $k_{mod}=0,89$ är baserat på en personbelastning på 30 sekunders varaktighet.

Andra värden kan nyttjas beroende på vilken typ av personbelastning som verkar.

^c Värdet av $k_{mod}=0,45$ är baserat på en snöbelastning på 5 dagar ($k_{mod}=0,49$) och 3 månader ($k_{mod}=0,41$). Beroende på lokalt klimat kan andra värden på k_{mod} vara lämpliga att använda.

Där laster med olika varaktighet verkar samtidigt ska den med högst k_{mod} användas. T.ex. om snö och egenvikt verkar samtidigt används $k_{mod} = 0,45$.

3.3.4 Böjhållfasthet för härdat glas

Dimensionerande böjhållfasthet för härdat glas, oavsett tillverkningsprocess, beräknas enligt Ekvation 3.7.

$$f_{g;d} = \frac{k_{mod}k_{sp}f_{g;k}}{\gamma_{M;A}} + \frac{k_v(f_{b;k} - f_{g;k})}{\gamma_{M;v}} \quad (3.7)$$

där

$f_{g;k}$, $\gamma_{M;A}$, k_{mod} och k_{sp} är beskrivna i Kapitel 3.3.3

$\gamma_{M;v}$ materialets partialkoefficient för härdat glas ($\gamma_{M;v} = 1,2$).

$f_{b;k}$ karakteristiskt värde för böjhållfasthet gällande härdat glas.

k_v reduktionsfaktor för härdningsätt

Karakteristiska värden för böjhållfasthet för härdat glas

För värden på $f_{b;k}$, se Tabell 3.21.

Tabell 3.21 Värden för karakteristisk böjhållfasthet för härdat glas.

Värden för karakteristisk böjhållfasthet, $f_{b;k}$, för härdat glas			
Typ av glas	Termiskt härdat säkerhetsglas (EN 12150–1) och värmebehandlat termiskt härdat säkerhetsglas (EN 14179–1)	Värmeförstärkt glas (EN 1863–1)	Kemiskt härdat glas (EN 12337–1)
Float- eller drawn sheet glass	120 MPa	70 MPa	150 MPa
Värdena för termiskt härdat säkerhetsglas och värmebehandlat termiskt härdat säkerhetsglas kan också användas för glas som motsvarar EN 13024–1, EN 14321–1 och EN 15682–1.			

Faktor för härdningsprocess

Faktorn för härdningsprocess, k_v , beror på hur glaset har härdats. Antingen härdas glaset horisontellt eller vertikalt. Vid horisontell härdning (t.ex. floatprocessen) används inga föremål för att hålla i glaset när det härdar. Däremot vid vertikal härdning används klämmor för att hålla i glaset när det härdar. Glaset försvagas där det klämts fast och får där med sämre hållfasthet jämfört med glas som har härdat horisontellt. Horisontell härdning är bättre och

glaset blir starkare då det har samma struktur över hela glaset. Detta medför att vid horisontell och vertikal härdning blir reduktionsfaktorn för härdningssätt, $k_v = 1,0$ respektive $k_v = 0,6$.

3.4 Förslag till Eurokod för glas

I detta kapitel är information inhämtat från *Structural glass – Design and construction rules, part 1 och 2*, [11] [12].

“Structural glass – design and construction rules” är den andra processen som pågår idag för att ta fram dimensioneringsregler för glas. Denna standard består av tre avsnitt;

- Part 1 - basis of design and materials
- Part 2 - out-of-plane loaded glass components
- Part 3 - design of in-plane loaded glass elements and special joints

I dessa behandlas bland annat hållfasthet för olika glastyper, klassificering av glaskonstruktioner, reduktionsfaktorer för klimatbelastning och hur mycket glas får böjas beroende på infästning och dess funktion. Här behandlas endast part 1 och 2.

Part 1

Karakteristisk böjhållfasthet

Karakteristiska böjhållfastheten för härdat glas är densamma som i prEN 16612, se Tabell 3.21. I detta förslag till Eurokod finns även hållfastheten längs glasets kanter där böjhållfastheten är lägre för planglaset än för härdat och värmeförstärkt glas. Planglasets karakteristiska böjhållfasthet i kanterna är 36 MPa, jämfört med 45 MPa för det övriga glaset.

Reduktionsfaktor för klimatbelastning

Reduktionsfaktor för klimatbelastning visas i Tabell 3.22.

Tabell 3.22 Reduktionsfaktorer för klimatbelastning.

Infill panel		
Klimatbelastningar för isolerglas	ψ_0	0,6
	ψ_1	0,5
	ψ_2	0,0

Klassificering av glas

Glaskonstruktioner delas in i olika klasser. Klassificeringen görs utifrån hur ett brott i glaskonstruktionen påverkar övrig konstruktion samt människan.

G-CC0 – Detta gäller ofta infill panels och vid brott är skadorna på övrig konstruktion försumbar och risk för personskador finns inte. Konstruktionen bär inte laster och är inte stabiliserande för övrig konstruktion. Denna klass är i sin tur indelad i två klasser, se nedan.

G-CC0a – Glaskonstruktioner, $< 2\text{m}^2$, ska kontrolleras enligt bruksgränstillståndet.

G-CC0b – Glaskonstruktioner, $\geq 2\text{m}^2$, ska kontrolleras enligt bruks- och brottgränstillståndet.

G-CC1 – Ofta infill panels i form av barriärer där människor är benägna att påverka glaskonstruktionen. Glaskonstruktionen är inte bärande eller stabiliserande för övrig konstruktion. Det kan finnas risk för personskador. Kontrolleras enligt bruks- och brottgränstillståndet.

G-CC2 – Glaskonstruktioner som inte är bärande eller stabiliserande för övrig konstruktion. Det finns dock hög risk för personskador när dessa glaskonstruktioner går till brott. Detta skulle gälla t.ex. ett glastak. Kontrolleras enligt bruks- och brottgränstillståndet.

G-CC3 – Glaskonstruktionen bär laster utöver sin egen tyngd vilket gör att den bidrar till stabiliteten i den globala konstruktionen. Ett brott i glaskonstruktionen medför hög risk för personskador. Kontrolleras enligt bruks- och brottgränstillståndet.

Tillåten spänning beroende på glas

Faktorn k_r tar hänsyn till vilken typ av glas som används och påverkar den tillåtna spänningen. För laminerat glas sätts denna till 1,1 medan den för övriga glas sätts till 1,0. Detta innebär att ett laminerat glas har 10% högre tillåten spänning än de övriga glasen.

Storlekseffekt

Storlekseffekten tar hänsyn till dels vilken belastad area glaset har, vilket innebär att ju större glas desto lägre tillåten spänning, och dels vilken längd det är längs kanter och runt hål som i sin tur påverkar den tillåtna spänningen.

Part 2

Part 2 behandlar regler för glaskonstruktioner som utsätts för krafter vinkelrätt glaset plan.

För att bestämma maximal tillåten utböjning för glas dimensioneras lasten på glaset enligt Kapitel 3.2.1 bruksgränstillståndet. Beroende på vilken ekvation lasten har dimensionerats för, väljs motsvarande i Tabell 3.23.

Tabell 3.23 Klasser som beror på konsekvenser av utböjning som glaset utsätts för i bruksgränstillstånd.

Bruksgränstillståndsklass	Tillämplighet/betydelse	Exempel
1	Tillfällig skada.	Vibrationer i en glasruta som kan upplevas som obehagliga.
2	Utböjningen ska inte påverka funktionen eller hållbarheten i glaset. Glaset går ej sönder.	Utböjning i ett isolerglas som medför att t.ex. luft sipprar in mellan glasskivorna och vacuumet försvinner
3	Utböjning medför osäkra förhållanden.	Glasgolv eller glasbarriärer glider från sitt fäste under stora deformationer.

Hur mycket glaset får deformeras, om det är klass 2, anges i Tabell 3.24 och infästningsbredden för klass 3 anges i Tabell 3.25.

Tabell 3.24 Maximal tillåten utböjning på olika typer av glaskonstruktioner för klass 2.

Konstruktion	Fästen	Maximal tillåten utböjning för stöd i kanter	Maximal tillåten utböjning i en fri kant	Maximal tillåten utböjning i mitten av partiet
En glasruta	Kantinfäst i alla kanter (ram)	Enligt EN-13830 eller EN-14351		$L/60$ eller 30 mm ⁽¹⁾
	Kantinfäst i 2 eller 3 kanter	Enligt EN-13830 eller EN-14351	$L/100$ eller 50 mm ⁽³⁾	
	Klämfästen i 2 eller 3 kanter	$L/150$ eller 50 mm ⁽²⁾		$L/60$ eller 30 mm ⁽¹⁾

	Bultinfäst	$L/100$ eller 50 mm ⁽²⁾		
Golv	Kantinfäst i alla kanter (ram)			$L/200$ ⁽¹⁾
Barriär	Klämfästen i underkant		Maximala tillåtna utböjningen får inte överstiga 100 mm springa mellan två barriärer som har en höjd på 1 m över golvet/marken	
Isolerglas	Kantinfäst i alla kanter	Enligt EN- 13830 eller EN- 14351		$L/60$ eller 30 mm ⁽¹⁾
	Kantinfäst i 2 eller 3 kanter	Enligt EN- 13830 eller EN- 14351	$L/150$ eller 50 mm ⁽³⁾	
	Bultinfäst	$L/100$ eller 50 mm ⁽²⁾		

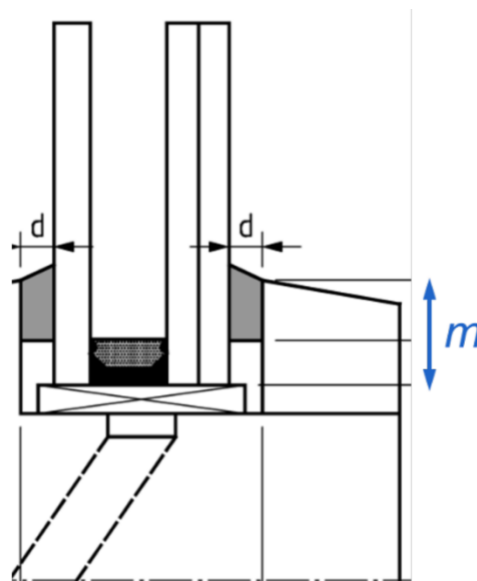
¹ L är längden på den korta sidan

² L är avståndet mellan två fixerade punkter

³ L är längden för den icke fastspända sidan

Tabell 3.25 Infästningsbredd för olika glaskonstruktioner för klass 3.

Konstruktion	Ytterligare specifikation	Infästningsbredd ¹ m [mm]
En glasruta	Vertikal	12
	Horisontell	12
Golv		30
Barriär	Fastspänd i alla 4 kanter	12
	Fastspänd i en kant	80
	Fastklämd i en kant	100
Isolerglas ²	Vertikal	12
	Horisontell	12
¹ Se Figur 3.15		
² Tillgängliga för underhåll, annars se golv		



Figur 3.15 Infästningsbredd, m , [12].

4 Tillämpning av normer – exempel från glaskonstruktioner

Regler för dimensionering måste finnas och utvecklas med tiden då glaskonstruktioner blir allt mer populära. Nedan behandlas de byggnadsdelar där glas ofta är en bärande konstruktion och de frågor vi behandlar är; Vilken typ av glas används? Vilka regler finns i Sverige? Vilka är de kommande reglerna i Europa?

I detta kapitel kommer barriärer, fönster, tak och golv att behandlas i form av genomgång av regler och beräkningsexempel för de olika byggnadsdelarna. Reglerna hämtas från BBR, Eurokod, prEN 16612 och förslag till Eurokod. Syftet är att tydligt visa vilka regler som gäller för olika byggnadsdelar.

I slutet av varje kapitel finns det beräkningsexempel för de olika byggnadsdelarna. Beräkningsexemplen är till för att få en större förståelse kring de olika reglerna då regler kan vara svåra att tolka i text. Det kan även vara till hjälp att följa ett av dessa beräkningsexempel samtidigt som en egen dimensionering utförs. Vid beräkning har vi använt ClearSight och handberäkning.

Alla laster som glaskonstruktionerna utsätts för, som används i beräkningsexemplen, är handberäknade. Dessa jämförs sedan med ClearLoad för att identifiera eventuella brister i programmet. Spänningen och utböjningen som glaskonstruktionerna utsätts för beräknas av ClearSight samt att den tillåtna spänningen kontrolleras av programmet och utböjningen kontrolleras utifrån förslag till Eurokod. Detta gäller alla beräkningsexempel förutom busshållplats 2. I busshållplats 2 utförs handberäkning för att beräkna spänning, utböjning, tillåten spänningen och tillåten utböjning. Denna handberäkning jämförs sedan med ClearSight för att identifiera eventuella brister i programmet.

Det finns två datorprogram som använts vid beräkningar och dessa beskrivs nedan.

ClearLoad – är ett beräkningsprogram som beräknar den dimensionerande lasten som en byggnadsdel utsätts för enligt Eurokod. Lasterna från ClearLoad jämförs med våra handberäkningar för att identifiera eventuella fel i ClearLoad.

Lastjämförelsen mellan ClearLoad och våra handberäkningar görs för varje byggnadsdel i de studerade exemplen. D.v.s. jämförelse på busshållplats 1, tvåglasfönstret, skärmtaket och glasgolvet.

ClearSight – är ett beräkningsprogram som beräknar spänningen och utböjningen för olika glastyper beroende på infästning och lastfall. Programmet kontrollerar om spänningen i glaskonstruktionen är tillåten utifrån prEN 16612. Vid beräkning använder sig programmet av finita elementmetoden.

4.1 Barriärer

Barriärer benämns oftast som räcken eller icke-bärande väggar. Dessa räcken kan både vara placerade inomhus och utomhus. Glastypen som är rekommenderad att använda för barriärer är säkerhetsglas i form av härdat eller laminerat glas, [13].

4.1.1 Regler i BBR

Barriärer ska finnas för trappor, ramper och balkonger som inte är anslutna till en vägg och är högre än 0,3 meter. Om höjden mellan två våningar, som är förbunden med en trappa, är högre än 3 meter och har en öppning på sidan av trappan som är större än 0,4 meter ska räcket vara minst 1,1 meter högt. Om det finns risk för fall som är mer än 2,0 meter så ska laminerat glas användas, [13].

4.1.2 Regler i Eurokod

Barriärer finns både inomhus och utomhus. Exempel på laster som kan angripa barriärer inomhus och utomhus är när människor lutar sig mot eller råka stöta till barriärer. När det gäller barriärer utomhus tillkommer även vindlast. För dimensionering av vindlast samt nyttig last se Kapitel 3.2.3, [22].

4.1.3 Europeisk standard prEN 16612

Vid dimensionering av barriärer används partialkoefficienterna för infill panels om den inte utsätts för någon linjelast av person, se Tabell 3.17, [10]. Böjhållfastheten för planglas och härdat glas räknas ut enligt Kapitel 3.3.3 respektive Kapitel 3.3.4, [10]. Materialparametrarna för alla glastyper anges i Kapitel 3.3.1, [10].

4.1.4 Förslag till Eurokod

Karakteristisk böjhållfasthet är densamma som i prEN 16612, dock inte planglasets karakteristiska böjhållfasthet i kanterna, [11]. Vid kontroll av utböjning i glas används Tabell 3.23, Tabell 3.24 och Tabell 3.25, [12].

4.1.5 Beräkningsexempel

Hållfasthet och utböjning kommer att kontrolleras för tre olika busshållplatser, se Figur 4.1 - Figur 4.4. Busshållplatserna har enkelglas, d.v.s. att det inte är laminerat säkerhetsglas utan att det är härdat säkerhetsglas.

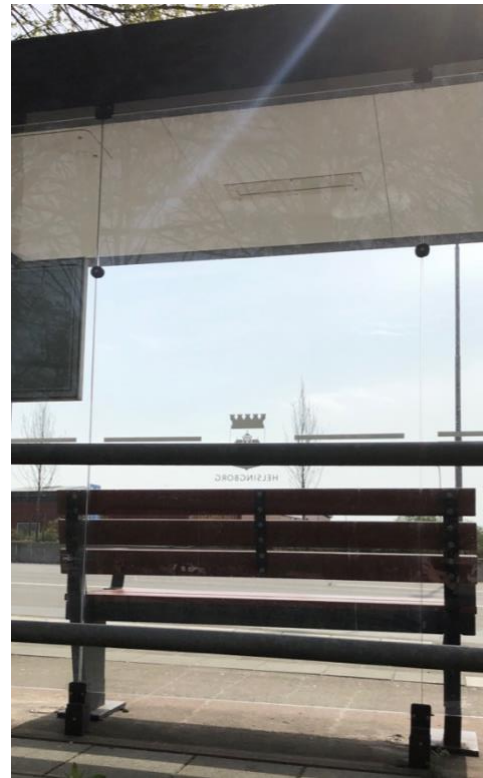
Eftersom dessa tre olika glas (i busshållplatserna) har ungefär samma mått kommer därmed vindlasten och den nyttiga lasten att bli samma för alla tre. Vindlasten och den nyttiga lasten för busshållplatserna beräknas enligt busshållplats 1. Glaset utsätts för en linjelast av människan och ses därför inte som infill panels.

Resultat och indata till ClearSight och ClearLoad finns angivet i de olika beräknings-exemplen.

Busshållplats 1 (kläminfäst, härdat glas)



Figur 4.1 Busshållplats 1.



Figur 4.2 Busshållplats 1.

Glaset är fastspänt med sex klämfästen, där klämfästena i mitten av glaset endast är till för att minska klämrisken mellan glaset. Glaset är dimensionerat för att de övriga fyra klämfästen ska hålla glasrutan på plats.

Beräkning av vindlast vinkelrätt mot glasets yta

Glaset mått (höjd, bredd, tjocklek):

$$h_{glas} = 2,05 \text{ m}$$

$$b_{glas} = 1,15 \text{ m}$$

$$t_{glas} = 10 \text{ mm}$$

Vind mot fristående vägg, medelvärde av zon A och B då zon A är en liten del av väggen:

$$d = 1,25 \text{ m}$$

$$b_{glas}/h_{glas} = 0,56 < 3,0$$

$$c_{pe} = \frac{2,3 + 1,4}{2} = 1,85$$

Karakteristisk vindlast:

$$\begin{aligned}\text{Ort: Helsingborg} \\ v_b &= 26 \text{ m/s} \\ \text{Terrängtyp 1} \\ q_p &= 0,73 \text{ kN/m}^2 \\ w &= q_p(c_{pe}) = 1,35 \text{ kN/m}^2 \\ \psi_0 &= 0,3 \\ \psi_1 &= 0,2 \\ \psi_2 &= 0,0\end{aligned}$$

Beräkning av nyttig last:

Nyttig last mot barriär, bussskur, kategori A:

$$\begin{aligned}q_k &= 0,5 \text{ kN/m} \\ \psi_0 &= 0,7 \\ \psi_1 &= 0,5 \\ \psi_2 &= 0,3\end{aligned}$$

Dimensionerande laster i brottgränstillstånd:

Säkerhetsklass 1, $\gamma_d = 0,83$

Vind som huvudlast:

$$q_d = 0,83 * 1,5 * w = 1,68 \text{ kN/m}^2$$

Vind som övrig last:

$$q_d = 0,83 * 1,5 * w * \psi_0 = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

Nyttig last som huvudlast:

$$q_d = 0,83 * 1,5 * q_k = 0,62 \text{ kN/m}$$

Nyttig last som övrig last:

$$q_d = 0,83 * w * \psi_0 = 0,44 \text{ kN/m}$$

Dimensionerande laster i bruksgränstillstånd, frekvent:

Vind som huvudlast:

$$q_d = \psi_1 * w = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Vind som övrig last:

$$q_d = \psi_2 * w = 0,0 \text{ kN/m}^2$$

Nyttig last som huvudlast:

$$q_d = \psi_1 * q_k = 0,25 \text{ kN/m}$$

Nyttig last som övrig last:

$$q_d = \psi_2 * w = 0,15 \text{ kN/m}$$

Utböjning i glaset (bruksgränstillstånd, frekvent):

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{60} = \frac{b_{glas}}{60} = 19 \text{ mm eller max 30 mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glaset höjd: 2,05 m
- Glaset bredd: 1,15 m
- 10 mm härdat glas

Klämfästen

- Shore hardness: 70
- Thickness: 4,0 mm
- Clamp length: 30 mm
- Clamp width: 20 mm

Position för klämfästena

- Left edge: 15 mm
- Left edge: 2035 mm
- Right edge: 15 mm
- Right edge: 2035 mm

Laster i brottgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 1,68 kN/m²
- Vind som övrig last, 0,50 kN/m²
- Nyttig last som huvudlast, 0,62 kN/m
- Nyttig last som övrig last, 0,44 kN/m

Laster i bruksgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 0,27 kN/m²
- Vind som övrig last, 0,0 kN/m²
- Nyttig last som huvudlast, 0,25 kN/m
- Nyttig last som övrig last, 0,15 kN/m

Resultat i ClearSight, brottgränstillstånd

Vind som huvudlast och nyttig last som övrig last:

Spänning i glaset: 61,9 MPa

Tillåten spänning: 84,8 MPa

Nyttig last som huvudlast och vind som övrig last:

Spänning i glaset: 32,6 MPa

Tillåten spänning: 84,8 MPa

Resultat i ClearSight, bruksgränstillstånd

Vind som huvudlast och nyttig last som övrig last:

Utböjning: 13,5 mm

Nyttig last som huvudlast och vind som övrig last:

Utböjning: 6,63 mm

Resultat i ClearLoad, brottgränstillstånd

Handberäkning, vind som huvudlast: 1,68 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 1,68 kN/m²

Handberäkning, nyttig last som huvudlast: 0,62 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som huvudlast: 0,41 kN/m²

Handberäkning, vind som övrig last: 0,50 kN/m²

ClearLoad, vind som övrig last: 0,62 kN/m²

Handberäkning, nyttig last som övrig last: 0,44 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som övrig last: 0,35 kN/m²

Resultat i ClearLoad, bruksgränstillstånd

Handberäkning, vind som huvudlast: 0,27 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 0,20 kN/m²

Handberäkning, nyttig last som huvudlast: 0,25 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som huvudlast: 0,25 kN/m²

Handberäkning, vind som övrig last: 0,0 kN/m²

ClearLoad, vind som övrig last: 0,0 kN/m²

Handberäkning, nyttig last som övrig last: 0,15 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som övrig last: 0,15 kN/m²

Slutsats

När den värsta lastkombinationen, vind som huvudlast, angriper konstruktionen utsätts glaset för 61,9 MPa. Glasets tillåtna spänning är 84,8 MPa vilket gör att glaset håller. Den värsta utböjningen glaset kommer utsättas för är 13,5 mm och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 19 mm.

I brottgränstillstånd är det endast vind som huvudlast som stämmer överens mellan handberäkning och ClearLoad. Reduktionsfaktorer för nyttig last finns inte i programmet vilket gör att dimensionering av nyttig last som övrig last inte blir korrekt enligt Eurokod. Det finns även andra avvikelser mellan ClearLoad och handberäknade laster som bör undersökas vidare.

Jämförs de handberäknade lasterna är vind som huvudlast den dimensionerande lasten för både brott- och bruksgränstillstånd. Jämförs istället ClearLoads lastberäkning är nyttig last som huvudlast den dimensionerande lasten. Detta gäller även för resterande busskurer. I de resterande busskurerna används vår handberäknade last, vind som huvudlast, vid beräkning av spänning och utböjning.

Busshållplats 2 (kantinfäst i två kanter, härdat glas)



Figur 4.3 Busshållplats 2.

Handberäkning av hållfasthet och utböjning i glaset

Glaset mått (höjd, bredd, tjocklek):

$$h_{glas} = 1,63 \text{ m}$$

$$b_{glas} = 1,25 \text{ m}$$

$$t_{glas} = 8,0 \text{ mm}$$

Beräkning av hållfasthet (brottgränstillstånd)

Bortser från linjelasten, nyttig last, då det är svårt att kombinera den tillsammans med vindlasten vid handberäkning.

Beräkning av moment i glaset:

$$q_{d,vind1} = 1,68 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,vind2} = q_{d,vind1} h_{glas} = 2,74 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{q_{d,vind2} b_{glas}^2}{8} = 0,54 \text{ kNm}$$

Beräkning av böjmotståndet i glaset:

$$W = \frac{h_{glas} t_{glas}^2}{6} = 2,19 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Beräkning av spänningen i glaset:

$$\sigma_{ed} = \frac{M}{W} = 24,4 \text{ MPa}$$

Beräkning av tillåten spänning i glaset:

$$f_{g;d} = \frac{k_{mod}k_{sp}f_{g;k}}{\gamma_{M;A}} + \frac{k_v(f_{b;k} - f_{g;k})}{\gamma_{M;v}}$$

$$k_{mod} = 0,74$$

$$k_{sp} = 1,0$$

$$f_{g;k} = 45 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M;A} = 1,8$$

$$k_v = 1,0$$

$$f_{b;k} = 120 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M;v} = 1,2$$

$$f_{g;d} = \frac{k_{mod}k_{sp}f_{g;k}}{\gamma_{M;A}} + \frac{k_v(f_{b;k} - f_{g;k})}{\gamma_{M;v}} = 81 \text{ MPa}$$

Beräkning av största utböjningen i glaset (bruksgränstillstånd, frekvent)

Vind som huvudlast: $q_d = wh_{glas}\psi_1 = 0,44 \text{ kN/m}$

Beräkning av utböjning:

$$E = 70 \text{ GPa}$$

$$I = \frac{h_{glas}t_{glas}^3}{12} = 8,75 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$v = \frac{5q_d b_{glas}^4}{384EI} = 0,0023 \text{ m} = 2,3 \text{ mm}$$

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{100} = \frac{b_{glas}}{100} = 12,5 \text{ mm eller max } 50 \text{ mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glasets höjd: 1,63 m
- Glasets bredd: 1,25 m
- 8,0 mm härdat glas

Kantinfästning

- Elasticitetsmodul i gummilisten: 5,0 MPa
- Thickness i gummilisten: 3,0 mm
- Support width i gummilisten: 15 mm
- Support edges: Right, Left

Laster i brottgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 1,68 kN/m²

Laster i bruksgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 0,27 kN/m²

Resultat i ClearSight, brottgränstillstånd

Spänning i glaset: 20,9 MPa

Tillåten spänning: 81,0 MPa

Resultat i ClearSight, bruksgränstillstånd

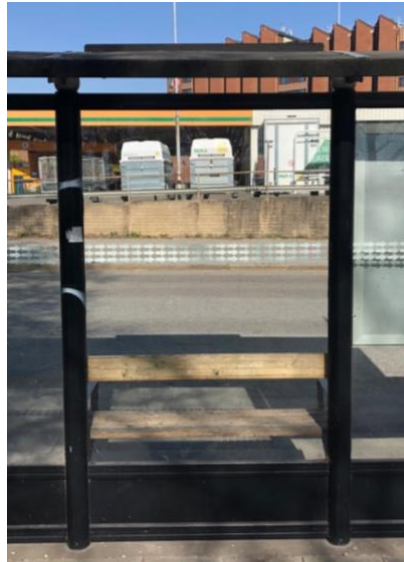
Utböjning: 1,72 mm.

Slutsats

Vid beräkning med ClearSight utsätts glaset för 20,9 MPa där tillåten spänning är 81,0 MPa. Enligt vår handberäkning utsätts glaset för 24,4 MPa och Ekvation 3.7 ger samma värde på tillåten spänning, 81,0 MPa, som anges i ClearSight. Skillnaden mellan spänningen glaset utsätts för kan bero på att ClearSight tar hänsyn till infästningarnas styvhet medan vi räknar glaset likt en fritt upplagd balk.

Vid beräkning i ClearSight böjs glaset ut 1,72 mm. Vår handberäkning ger 2,3 mm utböjning i glaset och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 12,5 mm.

Busshållplats 3 (kantinfäst alla kanter, härdat glas)



Figur 4.4 Busshållplats 3.

Glasetts mått (höjd, bredd, tjocklek)

$$h_{glas} = 1,63 \text{ m}$$

$$b_{glas} = 1,1 \text{ m}$$

$$t_{glas} = 8,0 \text{ mm}$$

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{60} = \frac{b_{glas}}{60} = 18,3 \text{ mm eller max 30 mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glasetts höjd: 1,63 m
- Glasetts bredd: 1,1 m
- 8,0 mm härdat glas

Kantinfästning

- Elasticitetsmodul i gummilisten: 5,0 MPa
- Thickness i gummilisten: 7,0 mm
- Support width i gummilisten: 15 mm
- Support edges: Lower, Right, Upper, Left

Laster i brottgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 1,68 kN/m²
- Nyttig last som övrig last, 0,44 kN/m

Laster i bruksgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 0,27 kN/m²
- Nyttig last som övrig last, 0,15 kN/m

Resultat i ClearSight, brottgränstillstånd

Spänning i glaset: 13,3 MPa

Tillåten spänning: 84,8 MPa

Resultat i ClearSight, bruksgränstillstånd

Utböjning: 0,92 mm.

Slutsats

Glaset utsätts för 13,3 MPa där tillåten spänning är 84,8 MPa. Den värsta utböjningen glaset kommer att utsättas för är 0,92 mm och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 18,3 mm.

4.2 Fönster och fasader

4.2.1 Regler i BBR

Glasytor ska tåla dynamisk påverkan av en människa, vilket innebär krafter som skapas av personer i form av fall, hopp eller språng. Storleken på kraften behandlas inte i BBR, [13]. Klassindelningen på glas som ska vara personsäkert finns i SS-EN 12600.

Glaspartier som kan förväxlas med dörrar eller öppningar ska tydligt markeras så att sammanstötningar inte inträffar, [13].

Bostäder

Skulle fönstret ha en bröstningshöjd som är lägre än 0,6 m ska säkerhetsglas i form av härdat eller laminerat glas användas. En glasfasad har ingen bröstningshöjd, vilket gör att härdat eller laminerat säkerhetsglas ska användas, [13].

Om fönstret eller glasfasaden är på en nivå som är mer än 2,0 m från golv eller mark på någon av sidorna av glaset och bröstningeshöjden är lägre än 0,6 meter finns det risk för fall. Detta gör att laminerat säkerhetsglas ska användas. Detta för att undvika personskador i form av ett fall, [13].

Skolor

För skolor gäller i stort sett samma regler som för bostäder, men här ska säkerhetsglas användas om bröstningshöjden är lägre än 0,8 m. Skulle det dessutom finnas risk för fall ska det, som i bostäder, användas laminerat säkerhetsglas, [13].

Publika lokaler

Samma regler som ovanstående men säkerhetsglas ska användas om bröstningshöjden är lägre än 1,5 m. Föreligger det risk för fall ska laminerat säkerhetsglas användas, [13].

4.2.2 Regler i Eurokod

Fönster och glasfasader kommer inte att utsättas för byggnadens bärande last utan endast för vindlast och laster som människan orsakar i form av fall, hopp eller språng. Det innebär att laster oftast angriper vinkelrätt mot glasets yta, [29].

Vindlasten tas fram enligt Kapitel 3.2.3 variabla laster, [29].

4.2.3 Europeisk standard prEN 16612

Vid dimensionering av glasfasad kan partialkoefficienterna för infill panels användas, se Tabell 3.17, [10].

Böjhållfastheten för planglas och härdat glas räknas ut enligt Kapitel 3.3.3 respektive Kapitel 3.3.4, [10].

Reduktionsfaktorer för klimatbelastning gällande isolerglas se Tabell 3.18, [10].

Materialparametrarna för alla glastyper se Kapitel 3.3.1, [10].

4.2.4 Förslag till Eurokod

Karakteristisk böjhållfasthet är densamma som i prEN 16612 med undantag för karakteristiska böjhållfasthet i kanterna, [11].

Vid kontroll av utböjning i glas används Tabell 3.23, Tabell 3.24 och Tabell 3.25, [12].

Reduktionsfaktorer för klimatbelastning gällande isolerglas, se Tabell 3.22, [11].

4.2.5 Beräkningsexempel

Resultat och indata i ClearSight finns i de olika beräkningsexemplen.

Ett isolerglas, i detta fall ett tvåglasfönster, är beläget på våning tre där fönstrets ovkant är ungefär 8,0 m över marken.

Temperaturerna som anges i beräkningsexemplet är tagna från den dagen beräkningen utfördes.



Figur 4.5 Fönster, isolerglas.

Glasetts mått (höjd, bredd, tjocklek)

$$\begin{aligned}h_{glas} &= 0,5 \text{ m} \\b_{glas} &= 1,2 \text{ m} \\t_{glas,insida} &= 10 \text{ mm} \\t_{glas,utsida} &= 5,0 \text{ mm} \\t_{håtrum} &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

Beräkning av vindlast vinkelrätt mot glasets yta

Vind mot zon D:

$$\begin{aligned}d &= 30 \text{ m} \\h &= 8,0 \text{ m} \\h/d &= 0,27 \\c_{pe,10} &= 0,7 \\c_{pi} &= -0,3\end{aligned}$$

Vindens karakteristiska last:

Ort: Helsingborg

$$v_b = 26 \text{ m/s}$$

Terrängtyp 0

$$q_p = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

$$w = q_p(c_{pe,10} - c_{pi}) = 1,13 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i brottgränstillstånd

Vind som huvudlast:

$$q_d = 1,1w = 1,24 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd (frekvent)

Vind som huvudlast:

$$q_d = \psi_1 w = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

Temperatur och tryck

$$T_{insida} = 20^\circ\text{C}$$

$$T_{utsida} = 15^\circ\text{C}$$

$$p = 1013 \text{ hPa}$$

Utböjning i glasets (bruksgränstillstånd, frekvent):

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{60} = \frac{b_{glas}}{60} = 20 \text{ mm eller max 30 mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glasets höjd: 1,0 m
- Glasets bredd: 2,0 m
- Lager 1: 8,0 mm planglas
- 20 mm gasfylld springa
- Lager 2: 8,0 mm planglas

Kantinfäst

- Support edges: Lower, Right, Upper, Left

Laster i brottgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 1,24 kN/m²

Laster i bruksgränstillstånd

- Vind som huvudlast, 0,16 kN/m²

Resultat i ClearSight, brottgränstillstånd

Spänning i glaset:

- Lager 1: 6,90 MPa
- Lager 2: 4,75 MPa

Tillåten spänning: 18,5 MPa

Resultat i ClearSight, bruksgränstillstånd

Utböjning: 0,6 mm

Resultat i ClearLoad, brottgränstillstånd

Handberäkning, vindlast som huvudlast: 1,24 kN/m²

ClearLoad, vindlast som huvudlast: 1,24 kN/m²

Resultat i ClearLoad, bruksgränstillstånd

Handberäkning, vindlast som huvudlast: 0,23 kN/m²

ClearLoad, vindlast som huvudlast: 1,02 kN/m²

Slutsats

Glaset utsätts för 6,90 MPa där hållfastheten är 18,5 MPa. Den värsta utböjningen glaset kommer att utsättas för är 0,6 mm och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 20 mm.

I brottgränstillståndet stämmer handberäkningen och ClearLoad överens. Däremot stämmer lasterna inte överens i bruksgränstillståndet. Vid beräkning av infill panels används en säkerhetsklass 0 och då används reduktionsfaktorer som inte finns i Eurokod vilket orsakar felet vid dimensionering av den karakteristiska lasten.

4.3 Tak

Ofta används laminerat värmeförstärkt glas vid konstruktion av ett glastak eftersom det värmeförstärkta glaset har högre hållfasthet än planglas och att det spricker som ett planglas. Om ett laminerat härdat glas skulle användas och gå till brott kan partiet falla ner på grund av att det härdade glaset granulerar i små bitar. Dessa små bitar gör att glaset inte har något att fästa i infästningarna, [3].

4.3.1 Regler i BBR

Angående tak anger BBR att snörasskydd ska finnas där entré eller uteplats finns belägen. Det är då viktigt att taket ska hålla för den snömängd som kan uppstå på grund av snörasskyddet, [13].

4.3.2 Regler i Eurokod

Snölast och vindlast är laster som angriper taket. När det finns två eller fler variabla laster behöver beräkningar göras för att undersöka vilken lastkombination som ger störst verkan, vilken last som blir huvudlast och övrig last. Det är även viktigt att ta hänsyn till snöfickor ifall dessa kan uppkomma, [21].

4.3.3 Europeisk standard prEN 16612

Materialparametrarna för alla glastyper, se Kapitel 3.3.1, [10].

Böjhållfastheten för planglas och härdat glas räknas ut enligt Kapitel 3.3.3 respektive Kapitel 3.3.4, [10].

Reduktionsfaktorer för klimatbelastning gällande isolerglas, se Tabell 3.18, [10].

4.3.4 Förslag till Eurokod

Karakteristisk böjhållfasthet är densamma som i prEN 16612, dock inte planglasets karakteristiska böjhållfasthet i kanterna, [11].

Vid kontroll av utböjning i glas används Tabell 3.23, Tabell 3.24 och Tabell 3.25, [12].

Reduktionsfaktorer för klimatbelastning gällande isolerglas se Tabell 3.22, [11].

4.3.5 Beräkningsexempel

Resultat och indata i ClearSight finns i de olika beräkningsexemplen.

Glastak som sitter 2,0 m ovanför en entré. Det är laminerat glas där vi antar att det är värmeförstärkt säkerhetsglas.

Nedan görs två beräkningsexempel där det första inte beaktar snöfickor.



Figur 4.6 Bild på skärmtaket från entrén.



Figur 4.7 Bild på skärmtaket underifrån.

Glaset mått (längd, bredd, tjocklek, längsta avstånd mellan bultar):

$$L = 4,0 \text{ m}$$

$$B = 1,0 \text{ m}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$L_{bult} = 1,16 \text{ m}$$

Beräkning av vindlast

Vind mot Zon H, pulpettak:

$$c_{pe} = 0,0$$

$$c_{pi} = -0,3$$

Vindens karakteristiska last:

Ort: Helsingborg

$$v_b = 26 \text{ m/s}$$

Terrängtyp I

$$q_p = 0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w = q_p(c_{pe} - c_{pi}) = 0,22 \text{ kN/m}^2$$

Beräkning av snölast utan hänsyn till snöficka

Ort: Helsingborg

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_0 = 0,6$$

$$\psi_1 = 0,3$$

$$\psi_2 = 0,1$$

Normal topografi:

$$C_e = 1,0$$

Taklutning, ca 5°:

$$\mu_1 = 0,8$$

Energiförlust genom taket:

$$C_t = 1,0$$

Karakteristisk snölast:

$$s = s_k C_e \mu_1 C_t = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Beräkning av egentyngd

$$\text{Densitet, } \rho = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tjocklek, } t = 0,02 \text{ m}$$

$$G_k = \rho t 9,82 = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i brottgränstillstånd utan hänsyn till snöficka

Säkerhetsklass 1, $\gamma_d = 0,83$

Vind som huvudlast:

$$Q_d = \gamma_d \gamma_G G_k + \gamma_d \gamma_Q w + \gamma_d \gamma_Q \psi_0 s = 1,36 \text{ kN/m}^2$$

Snö som huvudlast:

$$Q_d = \gamma_d \gamma_G G_k + \gamma_d \gamma_Q s + \gamma_d \gamma_Q \psi_0 w = 1,57 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd utan hänsyn till snöficka

Snö som huvudlast:

$$q_d = 1,0 G_k + s \psi_1 + w \psi_2 = 0,73 \text{ kN/m}^2$$

Vind som huvudlast:

$$q_d = 1,0 G_k + s \psi_2 + w \psi_1 = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

Beräkning av snölast med hänsyn till snöficka

Taklutning, ca 5°:

$$\mu_s = 0$$

Vindens påverkan:

Skärmtak kortare än 3 m och fasaden ovanför är högre än 5 m,

$$\mu_w = 2,0$$

Formfaktor för snöficka (vind och ras):

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 2,0$$

Snölast:

$$s = s_k C_e \mu_2 C_t = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i brottgränstillstånd med hänsyn till snöficka:

Vindlast som huvudlast:

$$q_d = \gamma_d \gamma_G G_k + \gamma_d \gamma_Q w + \gamma_d \gamma_Q \psi_0 s = 2,26 \text{ kN/m}^2$$

Snölast som huvudlast:

$$q_d = \gamma_d \gamma_G G_k + \gamma_d \gamma_Q S + \gamma_d \gamma_Q \psi_0 w = 3,06 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd med hänsyn till snöficka

Vind som huvudlast:

$$q_d = 1,0 G_k + s \psi_2 + w \psi_1 = 0,73 \text{ kN/m}^2$$

Snö som huvudlast:

$$q_d = 1,0 G_k + s \psi_1 + w \psi_2 = 1,09 \text{ kN/m}^2$$

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{100} = \frac{L_{bult}}{100} = 11,6 \text{ mm eller max 50 mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glasets höjd: 1,0 m
- Glasets bredd: 4,0 m
- Lager 1: 10 mm härdat glas
- Laminerat lager: 0,76 mm PVB
- Lager 2: 10 mm härdat glas

Bultinfäst

- Bolt diameter: 60,0 mm
- Hole diameter: 22,0 mm
- Rubber thickness: 3,0 mm
- Shore hardness: 70,0
- Rotating bolt axes: No

Position för bultarna (mm)

- Bult 1: (250, 120)
- Bult 2: (1410, 120)
- Bult 3: (2570, 120)
- Bult 4: (3730, 120)
- Bult 5: (250, 880)

- Bult 6: (1410, 880)
- Bult 7: (2570, 880)
- Bult 8: (3730, 880)

Laster i brottgränstillstånd utan hänsyn till snöficka

- Snö som huvudlast och vind som övrig last, 1,57 kN/m²

Laster i bruksgränstillstånd utan hänsyn till snöficka

- Snö som huvudlast och vind som övrig last, 0,73 kN/m²

Laster i brottgränstillstånd med hänsyn till snöficka

- Snö som huvudlast och vind som övrig last, 3,06 kN/m²

Laster i bruksgränstillstånd med hänsyn till snöficka

- Snö som huvudlast och vind som övrig last, 1,09 kN/m²

Resultat i ClearSight utan hänsyn till snöficka, brottgränstillstånd

Spänning i glaset:

Lager 1: 15,5 MPa

Lager 2: 17,8 MPa

Tillåten spänning: 39,3 MPa

Resultat i ClearSight utan hänsyn till snöficka, bruksgränstillstånd

Utböjning: 0,32 mm

Resultat i ClearLoad utan hänsyn till snöficka, brottgränstillstånd

Handberäkning, snö som huvudlast: 1,57 kN/m²

ClearLoad, snö som huvudlast: 1,49 kN/m²

Handberäkning, vind som huvudlast: 1,36 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 1,24 kN/m²

Resultat i ClearLoad utan hänsyn till snöficka, bruksgränstillstånd

Handberäkning, snö som huvudlast: 0,73 kN/m²

ClearLoad, snö som huvudlast: 0,73 kN/m²

Handberäkning, vind som huvudlast: 0,61 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 0,77 kN/m²

Resultat i ClearSight med hänsyn till snöficka, bruksgränstillstånd

Spänning i glaset:

Lager 1: 30,2 MPa

Lager 2: 34,8 MPa

Tillåten spänning: 39,3 MPa

Resultat i ClearSight med hänsyn till snöficka, bruksgränstillstånd

Utböjning: 0,48 mm

Resultat i ClearLoad med hänsyn till snöficka, brottgränstillstånd

Handberäkning, snö som huvudlast: 3,06 kN/m²

ClearLoad, snö som huvudlast: 2,98 kN/m²

Handberäkning, vind som huvudlast: 2,26 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 1,96 kN/m²

Resultat i ClearLoad med hänsyn till snöficka, brottgränstillstånd

Handberäkning, snö som huvudlast: 1,09 kN/m²

ClearLoad, snö som huvudlast: 1,09 kN/m²

Handberäkning, vind som huvudlast: 0,73 kN/m²

ClearLoad, vind som huvudlast: 0,89 kN/m²

Slutsats

När det värsta lastfallet, med hänsyn till snöficka, angriper konstruktionen utsätts glaset för 34,8 MPa. Glasets hållfasthet är 81,0 MPa vilket gör att glaset håller. Den värsta utböjningen glaset kommer att utsättas för är 0,48 mm och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 11,6 mm.

Bruksgränstillståndet snö som huvudlast stämmer överens mellan handberäkning och Clear-Load. Övriga laster skiljer sig åt vilket vi tror beror på lastkombinationen mellan snö och vind. Värden på reduktionsfaktorerna i programmet stämmer överens mot Eurokod, men vi vet inte hur dessa används i lastkombinationen.

4.4 Golv

4.4.1 Regler i BBR

Det finns inga regler i BBR.

4.4.2 Regler i Eurokod

Golv inomhus angrips enbart av nyttig last. Ett balkonggolv kan däremot angripas av både nyttig last och snölast. Vinden kan komma åt balkongen vilket gör att snöfickor kan bildas där. Dessa laster bestäms enligt Kapitel 3.2.3 variabla laster, [22] [26].

4.4.3 Europeisk standard prEN 16612

De mekaniska och fysikaliska värdena för alla glastyper, se Kapitel 3.3.1, [10].

Böjhållfastheten för planglas och härdat glas räknas ut enligt Kapitel 3.3.3 respektive Kapitel 3.3.4, [10].

4.4.4 Förslag till Eurokod

Karakteristisk böjhållfasthet är densamma som i prEN 16612, dock inte planglasets karakteristiska böjhållfasthet i kanterna, [11].

Vid kontroll av utböjning i glas används Tabell 3.23, Tabell 3.24 och Tabell 3.25, [12].

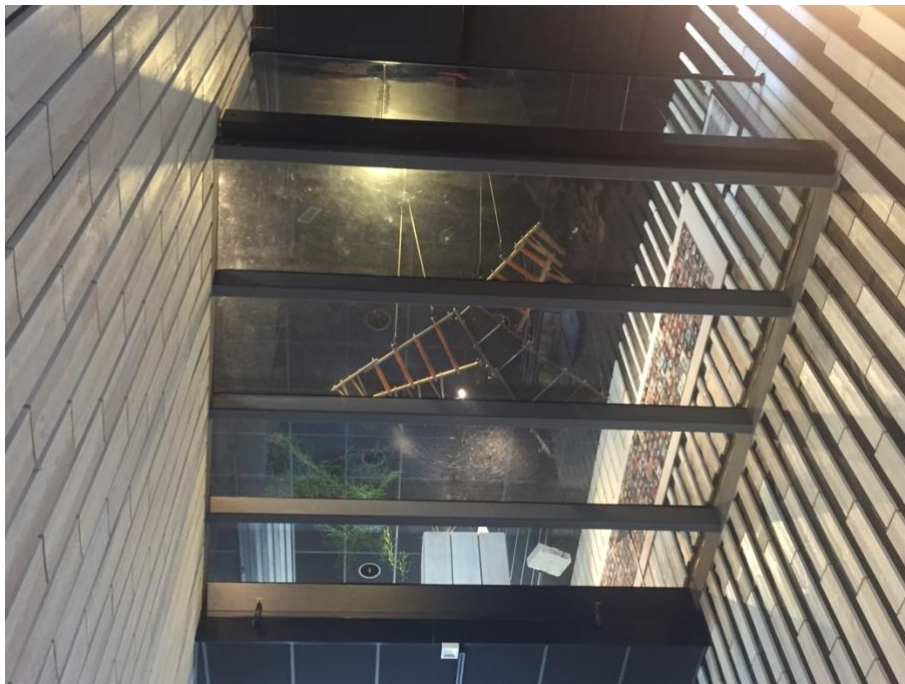
4.4.5 Beräkningsexempel

Ett glasgolv som är beläget inomhus i ett museum gör att det endast är egentyngd och nyttig last som kommer utsätta golvet för last. Eftersom det endast är en variabel last blir denna huvudlast.

Resultat och indata i ClearSight finns i de olika beräkningsexemplen.



Figur 4.8 Glasgolv.



Figur 4.9 Glasgolv.

Glasetts mått (längd, bredd, tjocklek)

$$L = 4,0 \text{ m}$$

$$B = 0,9 \text{ m}$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

Beräkning av egentyngd

$$\begin{aligned} \text{Densitet, } \rho &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Tjocklek, } t &= 0,03 \text{ m} \\ G_k &= \rho t 9,82 = 0,74 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beräkning av nyttig last

Nyttig last på golv i museum, kategori C3:

$$\begin{aligned} q_k &= 3,0 \text{ kN/m}^2 \\ \psi_1 &= 0,5 \end{aligned}$$

Dimensionerande last i brottgränstillstånd

Säkerhetsklass 3, $\gamma_d = 1,0$

$$q_d = \gamma_d \gamma_G G_k + \gamma_d \gamma_Q q_k = 5,39 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd

$$q_d = 1,0 G_k + q_k \psi_1 = 2,24 \text{ kN/m}^2$$

Tillåten utböjning:

$$\frac{L}{200} = \frac{B}{200} = 4,5 \text{ mm}$$

Beräkning i ClearSight

Indata i ClearSight

Geometri och material

- Glasets höjd: 4,0 m
- Glasets bredd: 0,9 m
- Lager 1: 10 mm värmeförstärkt glas
- Laminerat lager: 0,76 mm PVB
- Lager 2: 10 mm härdad glas
- Laminerat lager: 1,52 mm ionplast
- Lager 3: 10 mm härdad glas

Kantinfästning

- Support edges: Lower, Right, Upper, Left

Last i brottgränstillstånd

$$q_d = 5,39 \text{ kN/m}^2$$

Last i bruksgränstillstånd

$$q_d = 2,24 \text{ kN/m}^2$$

Resultat i ClearSight, brottgränstillstånd

Spänning i glaset:

- Lager 1: 0,12 MPa (värmeförstärkt)
- Lager 2: 1,01 MPa (härdad)
- Lager 3: 3,14 MPa (härdad)

Tillåten spänning

- Värmeförstärkt glas: 43,1 MPa
- Härdad glas: 84,8 MPa

Resultat i ClearSight, bruksgränstillstånd

Utböjning: 0,14 mm.

Resultat i ClearLoad, brottgränstillstånd

Handberäkning, nyttig last som huvudlast: 5,39 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som huvudlast: 5,39 kN/m²

Resultat i ClearLoad, bruksgränstillstånd

Handberäkning, nyttig last som huvudlast: 2,24 kN/m²

ClearLoad, nyttig last som huvudlast: 2,84 kN/m²

Slutsats

Det värmeförstärkta glaset och det härdade glaset utsätts som mest för 0,12 MPa respektive 3,14 MPa, där hållfastheten är 43,1 MPa respektive 84,8 MPa. Den värsta utböjningen glaset kommer att utsättas för är 0,14 mm och enligt Tabell 3.24 är den tillåtna utböjningen 4,5 mm.

Vid dimensionering i bruksgränstillståndet skiljer sig lasterna mellan handberäkning och ClearLoad åt. Inga reduktionsfaktorer används då det bara finns en övrig last och den ses som huvudlast. Avvikelsen har inte identifierats i ClearLoad.

5 Diskussion

De två processer som pågår idag, prEN 16612 och förslag till Eurokod, för att ta fram en standard för dimensionering av glas måste kompletteras av varandra tycker vi. Vi tycker att kompletteringen behövs för att tillåten utböjning, reduktionsfaktorer för klimatbelastning och karakteristisk böjhållfasthet inte finns i eller skiljer sig åt mellan förslagen. Eftersom det inte finns någon gällande standard att följa när glas ska dimensioneras kommer glaskonstruktioner inte att vara konstruerade på samma villkor som t.ex. trä, stål och betong är idag. Att inte glas måste dimensioneras efter samma villkor utgör en osäkerhet kring glaskonstruktioner då detta t.ex. kan medföra underdimensionerade glaskonstruktioner som kan generera allvarliga personskador.

Genom att följa detta arbete, likt en handbok, samt ha tillgång till ClearSight kan glas dimensioneras på ett bra sätt. Arbetet underlättar för användaren att hitta regler, krav och riktmärken då allt finns samlat på samma ställe.

I våra beräkningsexempel är alla glaskonstruktioner vi använt mer eller mindre överdimensionerade. Detta tror vi beror på att det finns en osäkerhet kring dimensionering av glas, då en gällande standard inte finns. Det kan även bero på gummimellanläggens tjocklek som var svår för oss att mäta och dessa ger relativt stor inverkan på spänningen som glaset utsätts för. Dessa konstruktioner skulle kunna dimensioneras ner och på så sätt spara material. Att dimensionera ner en konstruktion kan göras genom att använda tunnare glas eller annan infästning. Detta provas enkelt genom ClearSight tillsammans med de kommande standarderna.

I ClearLoad v1.3 har säkerhetsklass 0 för infill panels införts, med ett värde på $\gamma_d = 0,73$, istället för att använda de lägre partialkoefficienterna som anges i prEN 16612. I ClearLoad multipliceras faktorn för säkerhetsklass 0 ($\gamma_d = 0,73$) med partialkoefficienterna, som finns i Tabell 3.4. Detta motsvarar partialkoefficienterna för infill panels enligt prEN 16612, som finns i Tabell 3.17. Att införa en ny säkerhetsklass istället för att använda partialkoefficienterna för infill panels enligt prEN 16612 kan skapa en viss förvirring vid användning av programmet. En del andra skillnader mellan värden beräknade i ClearLoad och Eurokod för vissa lastkombinationer har också identifierats. ClearLoad bör korrigeras så att det följer Eurokod.

Vid jämförelse av vår handberäkning med resultat i ClearSight fås en viss skillnad i hur mycket spänning och utböjning glaset utsätts för. Denna skillnad kan bero på att vi räknar glaset som en fritt upplagd balk, dvs att upplagen har noll moment. ClearSight tar hänsyn till vilken typ av infästning det är och dess hårdhet, vilket kan göra att infästningen får ett litet moment. Detta kan då göra att spänningen som glaset utsätts för blir något lägre samt att utböjningen blir lägre i ClearSight. Detta är inget fel i ClearSight, utan det är svårt att ta hänsyn till infästningarna vid handberäkning. Skillnaden blir att handberäkningen ger ett bra riktmärke på spänningen, ca 14% skillnad, och utböjningen, ca 25% skillnad, vilket är något sämre än för spänningen. Handberäkningen är gjord på endast en glaskonstruktion vilket innebär att dessa skillnader inte behöver vara representativa. En förbättring på detta skulle

vara att utföra handberäkning på flera olika glaskonstruktioner för att få en mer representativ bild av skillnaden mellan handberäkning och ClearSight.

Utböjningen som beräknas i ClearSight kontrolleras inte mot tillåten utböjning. Den tillåtna utböjningen behandlas av förslag till Eurokod.

6 Litteraturförteckning

- [1] ClearSight, ”ClearSight,” Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2017.
- [2] C. v1.3, ”ClearLoad,” Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2017.
- [3] T. Falk, Boken om glas, Växjö: Glasforskarinstitutet, 2005.
- [4] P.-O. Carlson, Bygga med glas, Stockholm: Glasbranschföreningen, 2005.
- [5] Pilkington, ”Pilkington.com,” [Online]. Available: <https://www.pilkington.com/en/global/about/education/the-float-process/the-float-process>. [Använd 20 06 2019].
- [6] P. f. AB, ”Säkerhets och skyddsglas,” Pilkington floatglas AB, Halmstad, 2012.
- [7] P.-O. Carlson, Glas-Möjligheternas byggmaterial, Stockholm: Byggforskningsrådet, 1992.
- [8] P. f. AB, ”Glasfakta,” Pilkington floatglas AB, Halmstad, 2018.
- [9] P.-G. Burström, Byggnadsmaterial-Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper, Lund: Studentlitteratur, 2017.
- [10] E. c. f. standardization, ”prEN 16612,” European committee for standardization, Bryssel, 2017.
- [11] ”CEN/TC 250/SC 11 N - Part 1”.
- [12] ”CEN/TC 250/SC 11 N - Part 2”.
- [13] Boverket, ”Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd,” Boverket, 2011.
- [14] Elitfönster, ”Elitfönster.se,” Elitfönster, [Online]. Available: <https://www.elitfonster.se/byta-fonster/viktigt-att-veta/bbr-boverkets-byggregler/>. [Använd 28 03 2019].
- [15] Glascentrum-mtk, ”glascentrum-mtk.se,” Glascentrum-mtk, [Online]. Available: <https://www.glascentrum-mtk.se/glassakra-miljoer-bostader/>. [Använd 29 03 2019].
- [16] Glascentrum-mtk, ”Glascentrum-mtk.se,” Glascentrum-mtk, [Online]. Available: <https://www.glascentrum-mtk.se/glassakra-miljoer-publika-lokaler/>. [Använd 29 03 2019].
- [17] Glascentrum-mtk, ”Glascentrum-mtk.se,” Glascentrum-mtk, [Online]. Available: <https://www.glascentrum-mtk.se/glassakra-miljoer-skolor/>. [Använd 29 03 2019].
- [18] S. s. Institute, ”sis.se,” Swedish standard institute, [Online]. Available: <https://www.sis.se/konstruktionoch tillverkning/eurokoder/>. [Använd 29 03 2019].
- [19] S. s. Institute, ”sis.se,” [Online]. Available: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/tekniska-aspekter/ssen1990/>. [Använd 15 04 2019].

- [20] Boverket, "boverket.se," 07 09 2018. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/>. [Använd 26 05 2019].
- [21] S. s. Institute, "SS-EN 1990," SIS Förlag AB, Stockholm, 2010.
- [22] S. s. Institute, "SS-EN 1991-1-1," SIS Förlag AB, Stockholm, 2011.
- [23] Träguiden, "Träguiden.se," [Online]. Available: https://www.traguiden.se/globalassets/limtrakonstruktioner/dimensionering-av-limtrakonstruktioner/regler-och-formler-for-dimensionering-enligt-eurokod-5/5_lastkombinationer.pdf. [Använd 27 05 2019].
- [24] T. Isaksson, Byggkonstruktion, Lund: Studentlitteratur, 2017.
- [25] Boverket, "Boverkets konstruktionsregler. EKS10," Boverket, 2016.
- [26] S. s. Institute, "SS-EN 1991-1-3," SIS Förlag AB, Stockholm, 2005.
- [27] Boverket, "Boverket.se," Boverket, 07 09 2018. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-konstruktionsregler/laster/snolast-pa-sadeltak/>. [Använd 03 03 2019].
- [28] Boverket, "Boverket.se," Boverket, 07 09 2018. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/sa-har-anvander-du-eks/karta-med-snolastzoner/>. [Använd 03 03 2019].
- [29] S. s. Institute, "SS-EN 1991-1-4:2005," SIS Förlag AB, Stockholm, 2008.
- [30] Boverket, "Boverket.se," Boverket, 07 09 2018. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/sa-har-anvander-du-eks/karta-med-vindlastzoner/>.
- [31] Boverket, "Boverket.se," 20 03 2019. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/sakerhet-vid-anvandning/glas-i-byggnader/>. [Använd 29 03 2019].