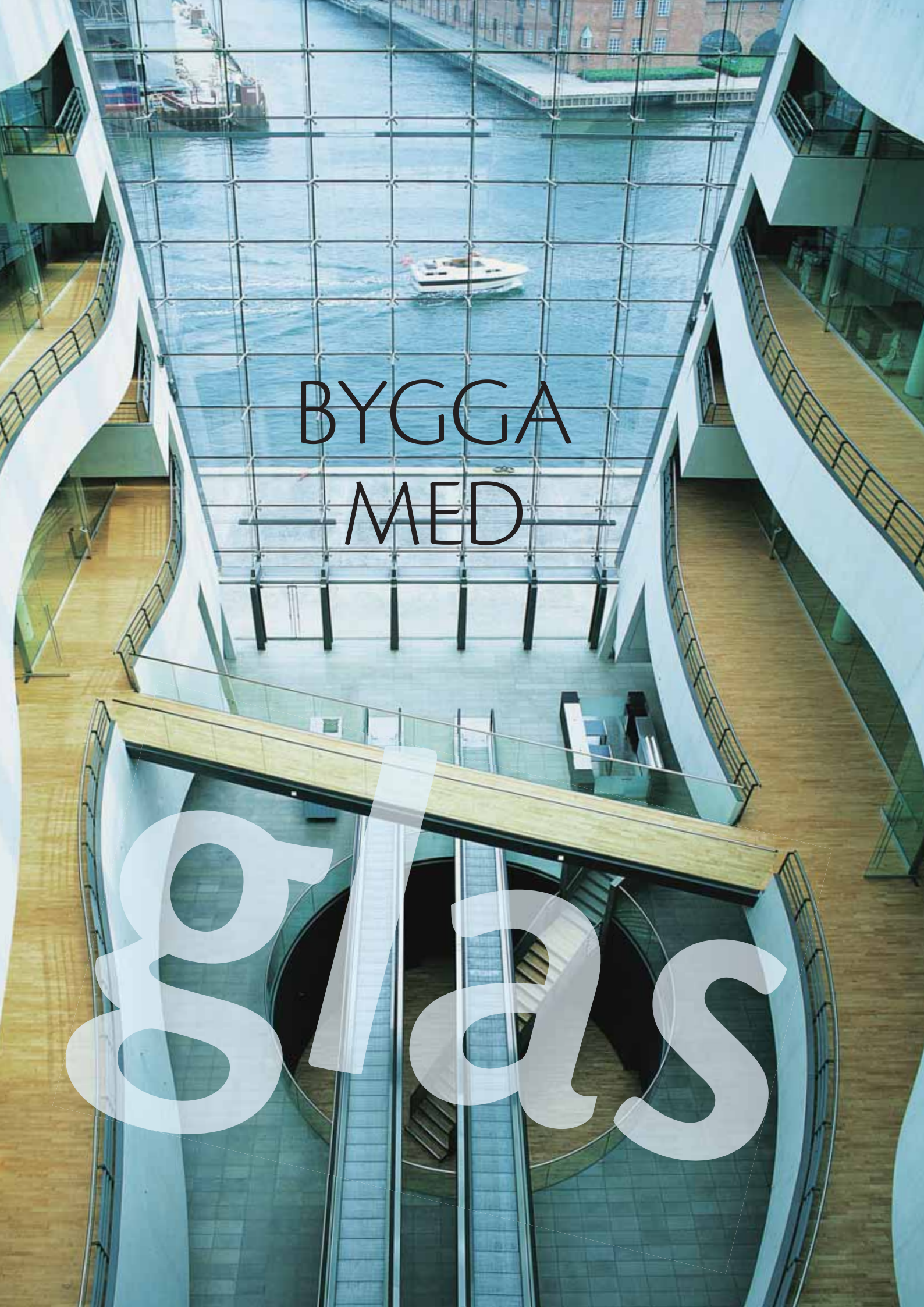


The image shows a large, modern building atrium with a curved, multi-level design. The central feature is a large glass roof that provides a view of a river and a boat. The interior has curved balconies with glass railings and a wooden floor. The text "BYGGA MED" is overlaid in the center, and "glas" is overlaid in a large, stylized font at the bottom.

BYGGA
MED

glas

BYGGA MED **glas**

© 2005 Författaren och Glasbranschföreningen

Författare Per-Olof Carlson

Projektledare Anders Berling

Redaktionsråd Per Sjöhult och Mikael Ödesjö

Konsulter Lars-Åke Almstedt och Tomas Grange

Grafisk form Jonas Johnsson

Illustration Hans Sandqvist

Fotografi Karl Gabor (sid 10) och

Åke E:son Lindman (sid 18, 31 och 79)

Produktion Mandarin AB

Tryck Ljungbergs Tryckeri AB, 2005

ISBN 91-631-7680-7

Omslagsbilden. Den Svarta Diamanten, Köpenhamn.

Arkitekt Henning Larsen Tegnesteue.

5 Förord

6 Glas

GLAS I BYGGPROCESSEN

Översikt över lagar, föreskrifter, avtal och branschregler.

GLAS I FUNKTION

Glasets som en integrerad del i byggnaden. Helhetssyn. Funktionskrav.

GLAS SOM BYGGMATERIAL

Historik. Tillverkning. Grundläggande fysikaliska egenskaper hos glas – beständighet, hållfasthet, solenergi.

GLAS I UTVECKLING

"Smutsavvisande" glas. Varma glas. Heat-mirror. Smarta glas. Dekorglas.

Glastak. Glasfasader. Bärande glas. Transparenta glas.

Byggnadsintegrerade solceller. Lamellglas.

32 Säkerhet och skydd

PERSONSÄKERHET

Säkerhetsglas. Klassning.

SKYDDSGLAS

Skyddsklasser. Skyddsglas mot inbrott. Övriga skyddsglas.

BRANDSKYDD

Vad händer vid brand. Brandklasser. Brandskyddsglas.

46 Energi, miljö och hälsa

ENERGIHUSHÅLLNING OCH VÄRMEISOLERING

Hur värmeisolerar glas – strålning, konvektion och ledning. Isolerrutor. Lågemissionsglas. Distanslister, ramar, gasfyllningar. U-värde för glas och hela konstruktionen.

KOMFORT – VINTER

Operativ temperatur. Kallstrålning. Kallras.

KOMFORT – SOLSKYDD

Solenergi. Solfaktor. Solskyddsglas. Kompletterande solskydd – fasta, rörliga.

KONDENS

Kondens på insida, utsida och inuti glasade konstruktioner.

LJUS

Dagsljus, bländning, färgpåverkan, fönsters form och placering.

BULLERSKYDD

Ljudisolering hos glas – glastjocklek, laminering, glasavstånd. Ljudreducerande glas.

80 Drift och underhåll

Livslängd hos isolerrutor. Garantier. Märkning för identifiering av isolerruta. Skötsel. Återvinning av planglas. Vanliga fel.

86 Regler och ordlista

REGLER

Byggregler, standarder, branschregler, CE-märkning, certifiering.

ORDLISTA

Definitioner av vanliga ord och begrepp.

98 Referenser

Förord

Glas är en integrerad del i byggnader och ingår som en viktig funktionell beståndsdel för helheten. Detta innebär att man måste ställa funktionskrav på glas för en rad olika områden som personsäkerhet, inbrottsskydd, brandskydd, värmeisolering, solenergi, ljus, bullerskydd m m.

Bygga med glas är en handbok om glas i funktion. Syftet är att underlätta tolkning av föreskrifterna om glas i Boverkets byggregler och konstruktionsregler, BBR och BKR, och kunna ställa funktionskrav vid upphandling. Boken vänder sig främst till arkitekter, projektörer, glasmästare och glas- och metallbyggare.

Boken ger kopplingar och hänvisningar till branschens regler såsom Monteringstekniska Kommitténs, MTK:s, riktlinjer samt till standarder. Den knyter på så sätt samman Boverkets och branschens regler. Den visar också på aktuella utvecklingstrender.

Boken utkom 2005. I och med att Boverkets och branschens regler sedan dess har reviderats har en uppdatering av boken gjorts av Per-Olof Carlson, ACC Glasrådgivare som speglar vad som gäller våren 2009. Uppdateringen kommer inte att tryckas utan kommer att finnas på Glasbranschföreningens hemsida att ladda ner. I ett separat dokument finns sammanställt de väsentliga ändringar som har gjorts.

Boken innehåller ett antal avsnitt som inleds med citat eller ett sammandrag av vad som föreskrivs i BBR 15 och 16.

Efter inledningen beskrivs hur funktionskraven i BBR kan uppfyllas. Varje avsnitt avslutas med sammanfattande råd som baseras på erfarenheter hos dem som medverkat i handbokens tillkomst.

Per-Olof Carlson, ACC Glasrådgivare som är huvudförfattare till handboken, har ett mångårigt förflutet i glasbranschen. Han har i över 25 år anlitats som konsult och expert vid ett flertal olika glasbyggnadsprojekt. Per-Olof är också författare till ett antal fackböcker om glas i byggnation. Underlaget till avsnitten om energi, värmeisolering, komfort, kondens och ljus har utarbetats av *Lars-Åke Almstedt*, ACC Glasrådgivare. Teknisk granskning av sakinnehållet har gjorts av *Tomas Grange*, MTK.

Ett flertal branschexperter har bidragit med underlag och värdefulla synpunkter på skriften: *Lars Karlsson*, MTK; *Stefan Hallberg*, Emmaboda Glas; *Lars Bengtsson*, Fasadglas; *Per Hammarström* och *Andreas Novak*, Ramböll; *Jan-Peter Alm*, Stöldskyddsföreningen; *Bertil Fredlund*, Lunds Tekniska Högskola; *Åsa Holmér*, TNC; *Per Odebäck*, Odebäck Teknik & Arkitektur; *Diana Avasoo*, WSP; *Sven Fristedt*, Byggherre Forum; *Jörgen Thor*, Brandskyddslaget; *Magnus Winegård*, Schüco; *Bo Nordén*, Planglasteknik Stockholm samt *Arne Berggren*, PO Andersson. Utgivare av boken är Glasbranschföreningen.

Till samtliga som bidragit till handbokens tillkomst riktas ett varmt tack.

PER-OLOF CARLSON, FÖRFATTARE
ANDERS BERLING, PROJEKTLEDARE
PER SJÖHULT, REDAKTIONSRÅD
MIKAEL ÖDESJÖ, REDAKTIONSRÅD

Lista revideringar

Nedan har listats de väsentliga förändringar som har gjorts jämfört med den tryckta versionen från 2005.

AVSNITT

Lagar och föreskrifter
Glas i utveckling
Smarta glas
Dekorglas
Screentryckt glas
Glastak
Glasfasader
Lågexergihus
Personsäkerhet
Skyddsglas
Brandskydd
Energihushållning och värmeisolering

Termiskt klimat

Kondens

Ljus
Ljud
Byggregler
Standarder
Litteratur

REVIDERING

Regler om energideklaration har införts
Självrengörande glas benämns smutsavvisande glas
Bytt till elektrokroma glas. Texten kompletterad med exempel.
Bytt till diffuserande glas
Nytt avsnitt
Hänvisning till Bygga med metall och glas har införts
Hänvisning till Bygga med metall och glas har införts
Utgått
Reviderad text i BBR har införts
SSF 200:3 ersatt av SSF 200:4
Reviderad text i BBR har införts. Reviderad text om brandklasser.
Reviderad text i BBR har införts. Exempel U-värde och fönsterandel har lagts till. Text om vakuumisolerade glas samt om fogen mellan fönster och vägg har tillkommit.
Reviderad text i BBR har införts. Tabell 14 kompletterad med 3-glas isolerrutor och fler grupper av solskyddsglas.
Reviderad text i BBR har införts. Text om smutsavvisande glas och hårdbelagt LE-glas har lagts till.
Reviderad text i BBR har införts. Text om sk vitt glas har lagts till.
Reviderad text i BBR har införts. Tabell 24 har kompletterats.
Reviderad text i BBR har införts.
Listan har reviderats
Listan har reviderats



Glas i byggprocessen 8 Glas i funktion 10 Glas som byggmaterial 14

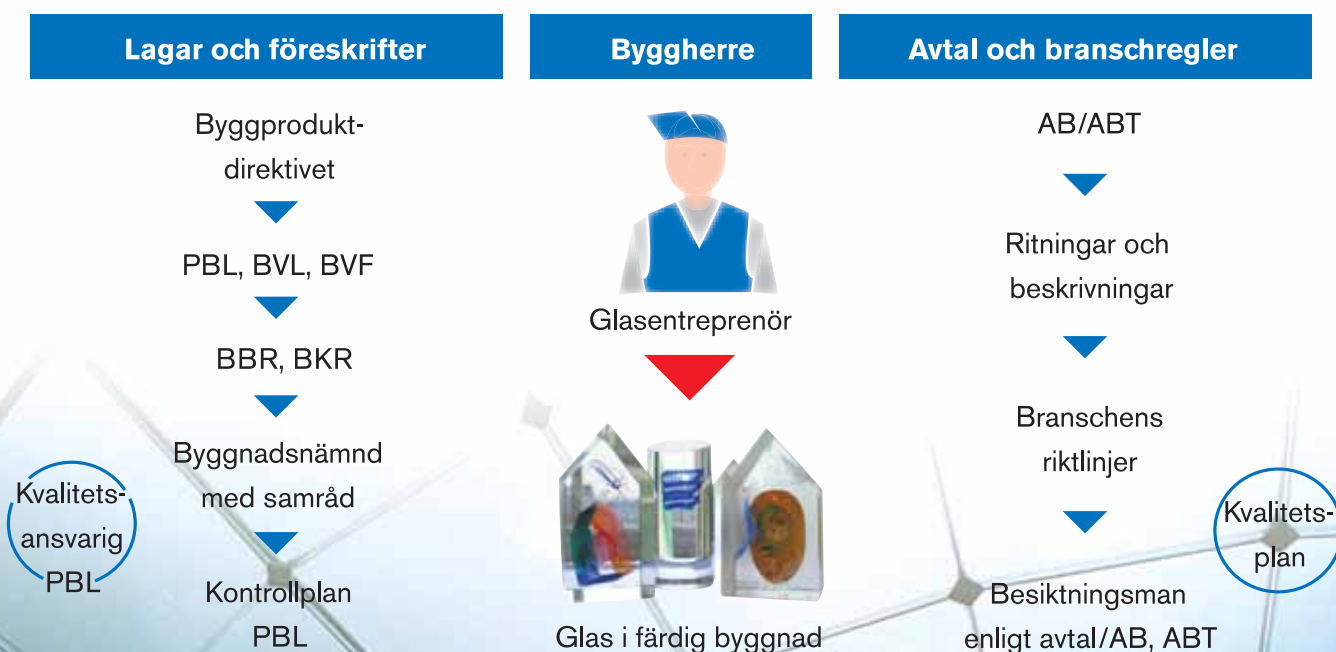
Glas



Übergang West/ Altbau

Glas i byggprocessen

På ömse sidor om byggherren finns regelverk som styr uppförandet av en byggnad. Å ena sidan är det lagar och föreskrifter, å andra sidan de avtal och branschregler som byggherre och entreprenör kommit överens om. En tidig och god kommunikation genom hela processen med regelverken som styrmedel möjliggör ett slutresultat som till och med kan överträffa byggherrens förväntningar.



Lagar och föreskrifter

Genom EU:s byggproduktdirektiv läggs grundläggande krav på byggprodukter fast. I den svenska byggnadslagstiftningen som omfattar

- ▶ plan- och bygglagen (1987:10), PBL
 - ▶ plan- och byggförordning (1987:833), PBF
 - ▶ lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m m, BVL
 - ▶ förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m m, BVF
- finns dessa med, och tillsammans är det nio grundläggande krav¹ som måste uppfyllas vid uppförandet av en byggnad. I Boverkets byggregler och konstruktionsregler, BBR och BKR, finns mer preciserade föreskrifter och allmänna råd om funktionskrav². Byggherren har ansvaret för att dessa uppfylls och utser en kvalitetsansvarig enligt PBL. Tillsammans med Byggnadsnämnden upprättas en kontrollplan som ska vara en hjälp vid säkerställandet av att lagkraven uppfylls. Den kvalitetsansvarige följer sedan uppförandet av byggnaden.

Härutöver har tillkommit regler om energideklaration av byggnader som omfattar

- ▶ Lag om energideklaration (SFS 2006:985)
- ▶ Förordning om energideklaration för byggnader (SFS 2006:1592)
- ▶ Boverkets föreskrifter och allmänna råd om energideklaration för byggnader (BFS 2007:4).

Det finns även andra lagar och föreskrifter (inte med i bild tv) som har betydelse när det gäller uppförande av byggnadsverk, exempelvis arbetsmiljölagen, arbetsmiljöförordningen, räddningstjänstlagen och miljöbalken.

Avtal och branschregler

För att säkerställa att tider, kostnader och överenskommen kvalitet erhålls, skriver byggherren avtal med entreprenören. Till hjälp finns generella branschregler som kan åberopas. I avtal åberopad AB³ för utförandeentreprenader alternativt ABT⁴ för funktionsentreprenader är dessa de övergripande dokumenten, medan MTK:s anvisningar, AMA⁵ och standarder åberopas till olika delar.

MTK

Monteringstekniska Kommittén, MTK, är ett samägt företag av Glasbranschföreningen och Svensk Planglasförening som ger ut tekniska anvisningar för hur olika typer av glas ska användas och monteras. MTK leds av en styrelse med representanter för Glasbranschföreningen och Svensk Planglasförening.

Hur gäller lagar och regler

Lagkrav ska alltid uppfyllas. De överenskommelser som gjorts mellan byggherre och entreprenör styr vilka handlingar och branschregler som i övrigt ska gälla. En besiktningsman kontrollerar sedan utifrån överenskomna dokument och regler. Om en standard, AMA eller MTK:s riktlinjer inte är åberopade kan denne inte hänvisa till dem. De kan dock tjäna som vägledning vid en diskussion om yrkesmannamässigt utförande och branschpraxis.

1. Varav sex har sitt ursprung i byggproduktdirektivet, men de övriga tre är nationella krav.
2. Med funktionskrav menas krav på viss egenskap ställt i mätbara termer och definierat i en funktionsbeskrivning. Ett exempel kan vara krav på U-värde, $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ eller ljudisolering, $R_{W+C_{tr}} \geq -35 \text{ dB}$.
3. Allmänna bestämmelser för byggnads- och installationsentreprenader, AB04.
4. Allmänna bestämmelser för totalentreprenader, ABT94
5. Allmän material- och arbetsbeskrivning.

Glas i funktion

Glaset egenskaper är värdefulla på många sätt i byggnader. Glaset släpper in dagsljus, ger utblick, skyddar mot bland annat väder och buller samt har arkitektoniskt och estetiskt viktiga funktioner. Glas kan även fungera som bärande konstruktion och används också mycket invändigt vid rumsgestaltning och som utsmyckning. Den snabba tekniska utvecklingen av glaset, bland annat med hjälp av tunna beläggningar, har gjort glas till ett material med stora och spännande nya möjligheter. Glas har därmed blivit ett av de intressantaste konstruktionsmaterialen i en byggnad.

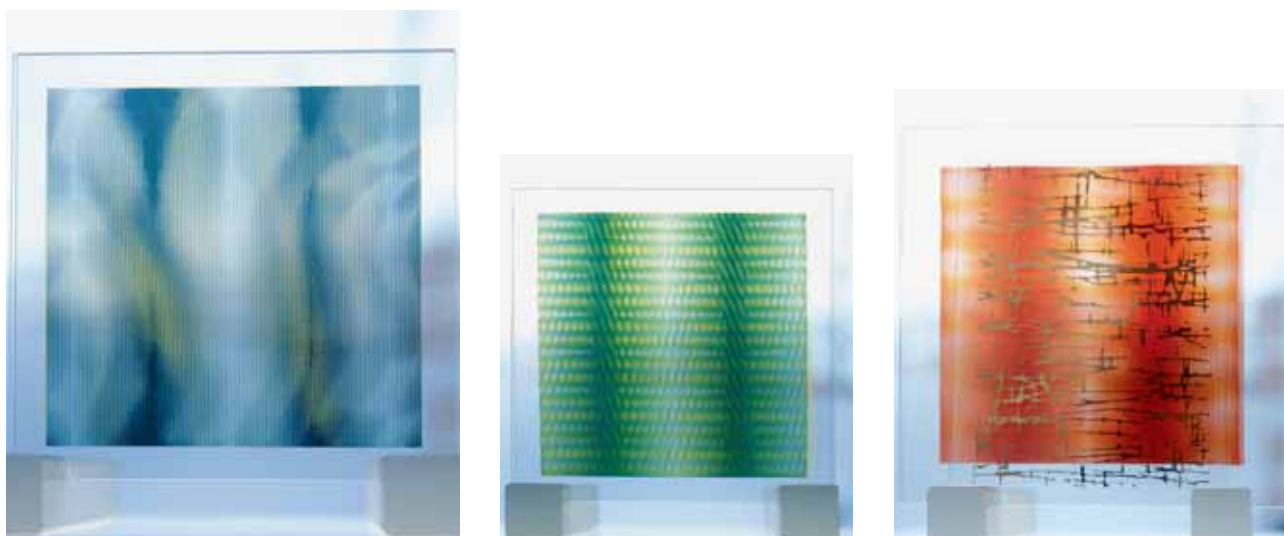


Bild 1. Screentryckta glas
av Birgitta Samuelsson.

Helhetssyn

Eftersom glas har fått en allt större betydelse och omfattning för byggnadens hela funktion, inte minst dess inneklimat måste stor omsorg läggas på att se glaset som en del av byggnadens helhet och förstå hur glaset och dess egenskaper påverkar byggnaden. Det är viktigt att beakta hur glaset tex påverkar följande faktorer:

- ▶ Förutsättningarna för dimensionering av klimatanläggningen så att det inte blir för varmt eller för kallt
- ▶ Ljudklimatet med hänsyn till buller
- ▶ Dagsljusförhållandena så att ljuset inte blir störande
- ▶ Behovet av artificiell belysning
- ▶ Skyddet mot vandalism, intrång, inbrott, explosion och beskjutning
- ▶ Säkerheten mot personskador och nedstörtning vid nivåskillnader på respektive sida om glaset
- ▶ Brandskyddet för begränsning av brand och för underlättande av utrymning
- ▶ Byggnadens energianvändning
- ▶ Byggnadens drift och underhåll

*Bild 2. Postens nya huvudkontor, Solna.
Arkitekt Lise-lott Söderlund / BSK Arkitekter.*





Bild 3. Spelbolaget Ongames kontor i Uppsala.

Funktionskrav

En glaskonstruktion kan utformas för att klara många olika funktioner. Ju fler funktioner och allt högre krav, desto mer komplex blir konstruktionen. Det bästa sättet som man kan beskriva en glaskonstruktion på är att ange vilka funktionskrav som ska ställas. Utifrån dessa kan sedan förslag på lämpliga konstruktioner tas fram. De krav som ställs finns dels i olika myndighetsföreskrifter och branschregler, dels i byggherrens program för byggnaden.

VIKTIGA FUNKTIONER



Värmeisolering, U

enl **SS-EN ISO 10077-1&2 och SS-EN 13947**

Lågt U-värde innebär god isolering, minskad energianvändning och högre ytemperatur på innerglaset som resulterar i mindre kallras och strålningsdrag under uppvärmningssäsongen. Alltför lågt U-värde ökar dock risken för utvändigt (ofarlig) kondens under vissa tider vilket hindrar utblick.



Ljustransmission, LT enl SS-EN 410

Hög ljustransmission innebär att mycket ljus förs in i rummet. Ökat dagsljusinsläpp kan minska behovet av belysning, men också innebära risk för bländning mm.



Solskydd, solfaktor, g enl SS-EN 410

Ett lågt g-värde innebär en låg andel solenergi som kommer in i rummet. Detta ger bättre förutsättningar för ett bra inneklimat, men minskar dagsljuset och gratisvärmens från solen. Med stora glasytor och moderna solskyddsglas blir dock dagsljuset oftast tillräckligt.



Brandskydd, E, EW, EI

enl **SS-EN 13501-1 och 2**

De brandklassade glasen är typgodkända för att klara definierade klasser under en viss tid. Det är extra viktigt att de monteras med rätt material, på rätt sätt och med max typgodkänd storlek samt i ram med minst samma brandklass.



Bullerskydd, R_w (C, C_{tr}) enl SS-EN ISO 717-1

Genom att kombinera glas och laminat på olika sätt kan skydd mot olika slags buller erhållas.



Det är viktigt att definiera bullerkällans art.

Personsäkerhet,

klass 1–3 enl SS-EN 12-600

Personsäkerhet anges i klass 1–3 som skydd mot tung stöt för att förhindra skärskador orsakade av glas samt nedstörtningskydd vid nivåskillnader.



Inbrottsskydd,

klass P1A-P8B enl SS-EN 356

Skyddsglasen testas för att motstå allt kraftigare manuellt angrepp i form av hård eller skarp stöt.



Beskjutningsskydd, BR1-BR7

eller **SG1-SG2 enl SS-EN 1063**

Varje klass anger glasets motstånd mot en viss typ av projektil.



Explosionsskydd,

ER1-ER4 enl SS-EN 13541

Varje klass anger glasets motstånd mot en viss typ av explosion.



Utseende enl SS-EN 410 m-fl

Här anges upplevelsen av glasets reflektion, färgåtergivning, utseende mm.

I följande avsnitt beskrivs vad funktionskraven innebär och exempel ges på hur dessa kan uppfyllas.

Glas som byggmaterial

Glas har funnits mycket länge, men det har först under de senaste 50 åren blivit rationellt och relativt billigt att tillverka. Glas har därför fått en allt större användning, och dess unika egenskaper har kunnat tillvaratas i en mängd nya tillämpningar.

Historik

Naturen själv skapade glas, sk vulkaniskt glas eller obsidian, långt innan det blev framställt av människor. Detta glasmaterial användes till pilspetsar, knivar och andra verktyg. Så vitt man vet började glas tillverkas för cirka 7000 år sedan i Persien. Föremål av glas har man emellertid främst funnit i Egypten, och man vet att glas tillverkades i detta land cirka 2000 år f.Kr. De första glasföremålen var prydnadsföremål och små skålar. Användning av glas inom arkitekturen startade troligen i romarriket, där det i form av mosaik användes till väggprydnader men också till fönster i de romerska varmbadsinrättningarna.

Den sk kronmetoden för framställning av fönsterglas härstammar troligen från Syrien omkring 700-talet. Detta glas tillverkades med hjälp av en glasblåsarpipa, som uppfanns ungefär vid vår tideräkningens början. Omkring år 1000 blomstrade glasblåsarkonsten i Venedig.

Det dröjde emellertid mycket länge innan glasfönster blev allmänt tillgängliga. Vaxat papper, fiskblåsor samt slipade alabaster- och marmorskivor ersatte ända fram till 1800-talet lyxvaran glas. Till kyrkor och kloster var det dock relativt vanligt att man använde färgade glas i fönstren redan på 1000-talet.

Från kronmetoden övergick man till cylindermethoden. Även för denna metod använde man sig av glasblåsarpipa.

Den manuella cylindermethoden utvecklades emellertid senare till en metod med maskinell dragning av cylindern. Först i början av 1900-talet började man dra glas plant redan från ugnarna, sk maskinglas. Man fick då en kontinuerlig och industriell tillverkning av glas.

Eftersom man för vissa ändamål har användning av glas med optiskt planare ytor än vad man kan få med de ovan nämnda metoderna utvecklades processer för slipning och polering av planglas. Detta sätt att tillverka glas har nu så gott som helt ersatts av floatprocessen.

Vad är glas

Vanligt planglas tillverkas av sand, soda och kalksten med små tillsatser av dolomit (kalciummagnesiumkarbonat), fältspat (natriumaluminiumsilikat) och järnoxid samt luttringsmedel för att homogenisera glassmältan. Det betraktas vanligtvis som en oorganisk smältprodukt, som vid avsvälning blir hård och spröd utan att kristallisera.

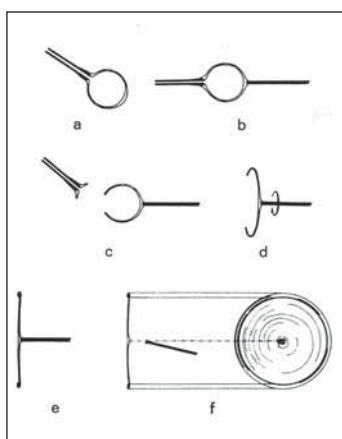


Bild 4. Framställning av glas enligt kronmetoden.

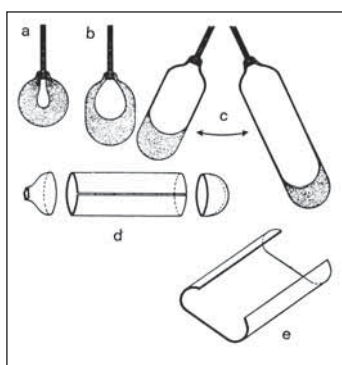


Bild 5. Framställning av glas enligt cylindermethoden.

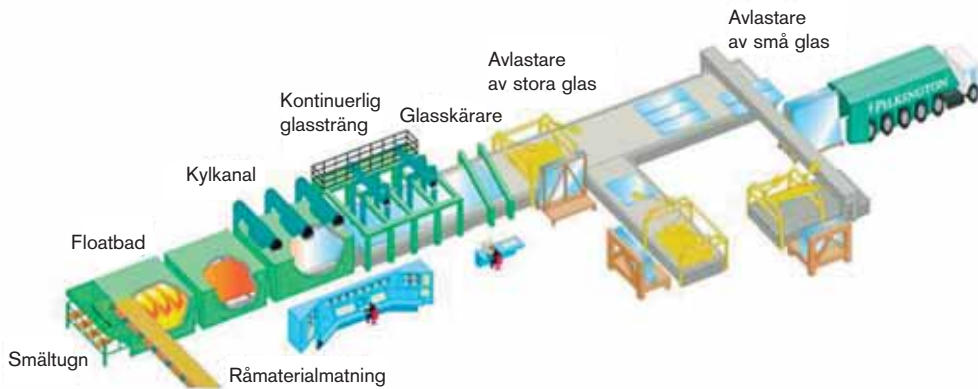


Bild 6. Tillverkning av glas enligt floatprocessen.

Floatprocessen

Tillverkningen av glas har sedan 1950-talet skett i en floatprocess. Blandningen av material matas kontinuerligt in i en smältugn. I slutet av smältugnen bildar glaset ett band som rinner ut på ett tennbad och formar ett ändlöst band. Tennytan är extremt plan vilket gör att glaset får en perfekt jämnhet. Glasbandet kyls långsamt ner till rumstemperatur. Bandet har då en enhetlig tjocklek – man kan välja tjockleken från 0,4 mm till 25 mm – med perfekt eldpolerade ytor. Elspiraler i taket i floatbadet värmer överytan så den blir helt plan.

Det kalla glaset skärs sedan i stora skivor för transport (6-x-3,21 m). Teoretiskt kan man få så stora glasrutor, men i praktiken begränsas storleken av vilka funktionskrav som ställs, den produktionsutrustning som finns och möjligheterna att hantera stora glas vid byggande och i förvaltning.

Egenskaper

Glas är ett fast material men har en helt oordnad molekylstruktur som gör att ljuset kan passera och vi kan se igenom det. Detta gör glaset unikt i förhållande till andra material.

Modern forskning visar att dagsljuset spelar en betydligt viktigare roll för människans biologiska funktioner och välbefinnande än man hittills trott. Samtidigt tillbringar människor allt större del av sin tid inomhus. Detta innebär att vi måste ställa högre krav på dagsljusnivån i våra byggnader. I dag är det fullt möjligt att bygga med stora fönster och glasytor utan att få problem med tex värmeförluster, överskottsvärme, kallras och strålningsdrag.

Bild 7. Uppglasad fasad kv Katsan, Stockholm. White arkitekter.



BESTÄNDIGHET

De vanligaste syrorna som kommer i kontakt med glas utlöser huvudsakligen alkali i form av natriumjoner från glasytan. Från glas i tak eller på fasader spolas detta ämne bort av regnvattnet. Ytterst på glaset bildas en film av svårslösligt kiselhydrat, som motverkar vidare angrepp.

Fluorvätesyra däremot reagerar med kiseldioxiden i glaset och bryter på så sätt ned glasets nätverk. Denna syra används därför vid etsning av glas.

Även alkaliska vattenlösningar bryter vid långvarig kontakt med glas ned kisel-dioxidens nätverk i glaset. Då bildas lösliga alkalisilikat, vilket medför att glasytan mister sin glans och genomsynligheten minskar. Man säger att glaset har anlöpts och ser ut som om det har fått en gråaktig beläggning. Om anlöpningen inte gått för långt kan beläggningen avlägsnas genom att glaset tvättas med en svag syra. Det finns också metoder för att varsamt polera glas med svag anlöpning.

Instängt vatten mellan två glasskivor t ex i en glaspacke, vilket ger liten vattenvolym vid stor glasyta, blir alkaliskt p g a jonbyte mellan glas och vatten. Den på så sätt uppkomna alkaliska vattenlösningen kan orsaka anlöpning. Det är därför av vikt att glas lagras i torra och uppvärmda lokaler.

På byggarbetsplatser inträffar då och då alkaliangrepp på glas. Regnvatten eller kyl / spolvatten vid håltagning som rinner över färsk betong eller nya fogar som innehåller cement blir starkt alkaliskt. Glaset måste därför skyddas från kontakt med sådant vatten i samband med nygjutna betongfasader, nymurade tegelfasader och liknande.

Vid svetsnings- och skärarbeten i närheten av glas måste glaset skyddas eftersom svetsloppor annars kan fastna på glasytan som då skadas. Loppa kan gå att peta bort men glasytan har skadats emedan det har bildats en liten grop där loppa bränt fast.

Glas som står lagrade på inplastade pallar får inte heller utsättas för solljus längre tid. Risk finns annars att glaset spricker p g a värme från solenergiinstrålning, speciellt glas som absorberar mycket värme, såsom solskyddsglas och genomfärgade glas.

HÅLLFASTHET

Planglasets praktiska hållfasthet är mindre än 1 % av den teoretiska böj- eller drag-hållfastheten. Det beror på att glasytan innehåller ett mycket stort antal mikrosprickor som varierar från glas till glas och bildar brottanvisningar. Även den skurna glaskan-ten har brottanvisningar, som varierar i storlek och antal med kvaliteten på skärningen.

Eftersom hållfastheten varierar använder man en osäkerhetsfaktor när man bestämmer det dimensionerande hållfasthetsvärdet. Detta värde är alltså ingen materialkonstant utan ett dimensioneringsvärde för det aktuella belastningsfallet. På grund av olika erfarenhetsunderlag kan det dimensionerande hållfasthetsvärdet för ett och samma lastfall variera något mellan glastillverkarna.

När glas belastas sker en elastisk deformation. Vid överbelastning brister det med ett sprött brott utan plastisk deformation. Därför klarar glas utbredda laster bättre än punktlaster. Att glas tål korttidslaster bättre än långtidslaster beror på att glaset uppvisar statisk utmattning över en viss belastningsnivå.

Glaskanten kan uppvisa brottanvisningar som varierar i storlek och antal efter kvaliteten på själva skärningen. Felaktigheter kan avsevärt sätta ned glasets hållfasthet. För att minska inverkan av stora felaktigheter ska man alltid eftersträva en bra skuren kant eventuellt kompletterad med en slipning av kanten. Exempelvis löper stora isolerglas med relativt tunna lamellglas väldigt stor risk att spricka om inte glaskanten bearbetas/slipas.

Andra faktorer förutom glastyp och tjocklek som påverkar sannolikheten för glas-



*Bild 8. Bärande glaskonstruktion.
Millimeter Arkitekters
kontor i Stockholm.*

Glasets fysiska och mekaniska egenskaper enligt SS-EN 572-1:2004		
Densitet	ρ	2 500 kg/m ³
Hårdhet (Knoop)	HK _{0,1/20}	6 GPa
Elasticitetsmodul	E	7 · 10 ¹⁰ Pa
Längdutvidgningskoefficient	α	9 · 10 ⁻⁶ /K
Värmeledning	λ	1 W/(mK)
Specifik värmekapacitet	C	0,72 x 10 ³ J/(kg·K)
Karakteristisk böjdraghållfasthet	f _{g,k}	45 MPa
Emissivitet (korrigerat)	ε	0,837

Tabell 1.

brott är belastning, infästning och förhållande mellan höjd och bredd. Det har också betydelse om glaset är ett enkelglas eller en isolerruta. I det senare fallet kan lasten tänkas delas mellan glasskivorna.

Glas kan även gå sönder av temperaturskillnader mellan olika delar av glaset. Termisk bräckagerisk finns om temperaturskillnaden överstiger:

- ▶ 40 K för floatglas enligt SS-EN 572-1
- ▶ 100 K för värmeförstärkt glas enligt SS-EN 1863-1
- ▶ 200 K för härdat glas enligt SS-EN 12150-1

Glas som belastas buktar. Även om den aktuella lasten inte leder till glasbrott, kan glaset således få en från estetisk synpunkt för stor utböjning. Man kan då behöva välja ett tjockare glas. Det bör observeras att härdat glas har samma elasticitetsmodul som vanligt glas, vilket innebär att det får samma utböjning. Vidare är det viktigt att glaset inte heller buktar så mycket att det kryper ur sin infästning.

*Dubbelskalsfasad
med öppningsbara
glasluckor.*





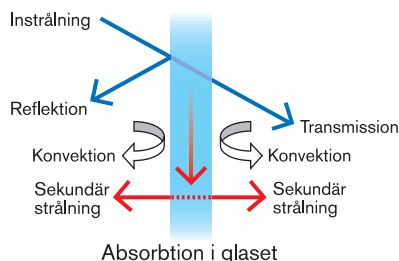


Bild 9. Transmission, absorption och reflektion av solstrålning i glas.

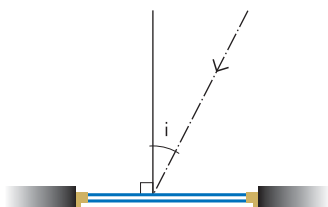
SOLENERGI

Solstrålning som träffar en glasyta kommer dels transmittas, dels absorberas, dels reflekteras tillbaka (av glaset). Följande optiska samband gäller:

$$I = R + A + T$$

Där I = Instrålningen
 R = Reflexionen
 A = Absorptionen
 T = Transmissionen (direkt)

Dessa värden anges vanligen i procent. Den absorberade strålningen värmer upp glaset och avges sedan från glaset, sekundär transmission (sekundär strålning och konvektion). Summan av den sekundära transmissionen från inre glasyta till rum och den primära transmissionen anger den totala solenergitransmissionen. Den benämns *sol-faktorn* och betecknas med g . Denna uttrycks vanligen i fraktil av solinstrålningen.



Exempel:

$R = 31 \%$
 $A = 30 \%$
 $T = 39 \%$
 $g = 0,44$

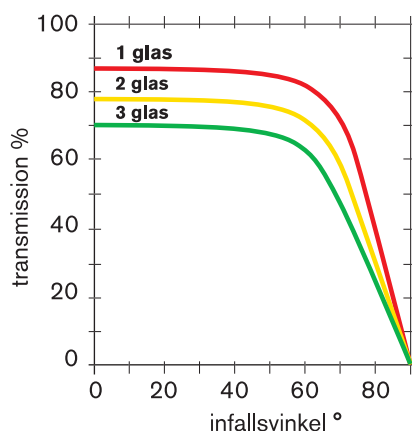


Bild 10. Storleken på transmissionen är beroende på infallsvinkeln (för klar float).

Storleken på R , A och T varierar beroende på infallsvinkel, typ och tjocklek på glas samt våglängd hos strålningen. Glasdata anges med solstrålning vinkelrätt mot glas ($i=0^\circ$ i bild 10).

Den mot jorden infallande solstrålningen har våglängder mellan 280 och 2500 nm. En del av denna strålning – mellan 380 och 780 nm är synligt ljus, d v s strålning som ögat kan se. Solstrålning med kortare våglängd benämns UV-strålning (ultraviolett strålning) och med längre IR-strålning (infraröd strålning). UV-strålningen ligger i våglängdsområdet 280–380 nm, men vanligt glas släpper inte in UV-strålning under 315 nm.

Solstrålningen fördelar sig enligt SS-EN 410 med ca 4 % som UV-strålning, 55 % som synligt ljus och 41 % som IR-strålning. Teoretiskt kan därför ett solskyddsglas inte stoppa mer än 45 % av solstrålningen utan att reducera även det synliga ljuset. I praktiken reduceras det synliga ljuset långt tidigare.

Rumsvärmestrålning har våglängder huvudsakligen över 4000 nm. Vanligt glas transmittar inte strålning med våglängder över 4000 nm. Därför sägs vanligt glas vara opakt (ogenomsläppligt) för rumsvärmestrålning. Detta innebär att det inte finns någon transmittans, utan rumsvärmestrålning mot glas reflekteras och absorberas. Absorberad värme kommer sedan att avges genom lågtemperaturstrålning, konvektion och ledning. Denna egenskap kallas växthuseffekten.

Vanligt 4 mm glas släpper igenom ca 86 % av solenergistrålningen och 90 % av dagsljuset. Solskyddsglas minskar transmissionen i olika delar av mellanliggande spektra.

Solenergistrålning absorberas i glas till endast ca 7 % medan lågtemperaturstrålning absorberas till ca 85 %.

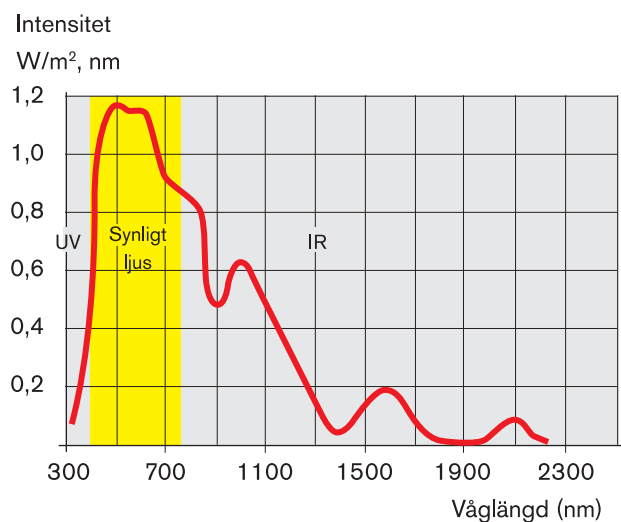


Bild 11. Solstrålningens fördelning.

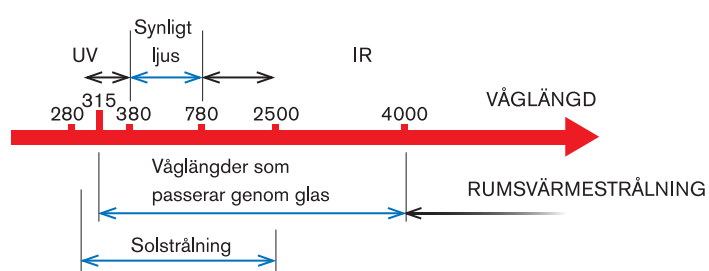


Bild 12. Glashus i Madrid, Spanien. Arkitekt Alberto Campo.

Glas i utveckling

I detta avsnitt behandlas exempel på speciella glastyper, olika konstruktioner med glas och utveckling av glas: "Smutsavvisande" glas. Varma glas. Heat-mirror. Smarta glas. Dekorglas. Glastak. Glasfasader. Bärande glas. Transparenta skal. Byggnadsintegrerade solceller. Lamellglas. *Se även boken Bygga med metall och glas.*

"SMUTSAVVISANDE" GLAS

För att minska behovet av rengöring har det utvecklats metoder att behandla glasytan. Ett sätt är att göra glasytan *hydrofob*, dvs vattenavvisande, med en beläggning.

Ett annat sätt är att göra glasytan hydrofil samtidigt som den reagerar med organiskt material, dvs med smutsen i detta fall. Pilkington Activ och Bioclean från Siant Gobain är exempel på beläggningar som appliceras på glaset vid tillverkningen i Floatprocessen (on-line).

Beläggningen består av titandioxid och är endast 50 nm (nanometer, miljarddels meter) tjock. Den är *hydrofil* vilket innebär att den drar till sig vatten och sprider ut det över ytan utan att det uppstår droppfläckar och så att smuts kan sköljas bort från ytan av regnvatten eller med vattenslang.

Titandioxidskiktet är UV-fotokatalytiskt och vid belysning med UV-ljus dels kan den då sönderdela organiska ämnen till vatten och koldioxid om det finns syre tillgängligt. För sönderdelningen krävs hela tiden tillgång till UV-ljus medan den hydrofila egenskapen hos skiktet behålls en viss tid även om belysningen med UV-ljus upphör. Men det är den fotokatalytiska egenskapen hos skiktet som gör att organisk smuts på beläggningen kan brytas ned. Beläggningen "reagerar inte med oorganisk smuts" som således inte bryts ned men till en viss del åtminstone kan sköljas bort om ytan vattenbegjuts.

För att hålla ytan någorlunda ren krävs även att det regnar på den då och då eller att man "spolar" rent rutorna.

VARMA GLAS

Så kallade varma glas är en glaskonstruktion bestående av eluppvärmda isolerglas i två- eller treglasutförande. Det inre glaset är belagt med ett elektriskt ledande skikt vilket innebär att glaset kan värmas upp till t ex rådande rumstemperatur när spänning läggs på glaset. Vidare är det inre glaset alltid härdat lågemissionsglas. Det inre glaset kan även fås som lamellglas. Spalten mellan det yttre och det inre glaset är fylld med argongas (för att få ett bättre U-värde). Distanlisten får inte vara elektriskt ledande. Ofta är den av typen varm kant. Ytterglaset kan väljas i nästan vilket utförande som helst.

Den temperatur till vilken det varma glaset ska uppvärmas bestäms i projekteringsstadiet. Regleringen sker med en temperaturgivare på glaset som styr till- och frånslag av den elektriska strömmen över glaset.

Kallras, kalldrag eller kondens uppstår aldrig över eller på denna uppvärmda glasyta. Varma Glas förbättrar det termiska inomhusklimatet och är i första hand komforthöjande, inte ett uppvärmningsalternativ.

Bild 13. Idé till överglasning av Manhattan, NY, USA.



HEAT-MIRROR

Heat-mirror är exempel på en glaskonstruktion bestående av isolerglas i **treskikt-utförande** men som i stället för ett tredje glas har en lågemissiv film. Resultatet är en treglasruta med två luftspalter utan en treglasrutas vikt. Filmen kan ha olika beläggningar, från beläggning som är lågreflekterande med hög ljustransmission till beläggning med låg solfaktor.

En Heat-mirror-konstruktion kan i stället för en film ha två filmer. De tre luftspalter som då uppstår kan när de är fyllda med krypton få U_g -värden ned mot **0,4** W/m²K. Då finns det dock risk för utvändig kondens under långa perioder, och dessutom medför denna lösning höga kostnader.

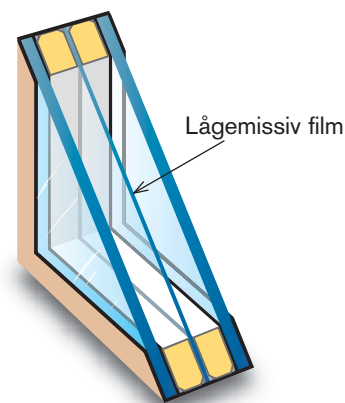


Bild 14. Heat-mirror film.

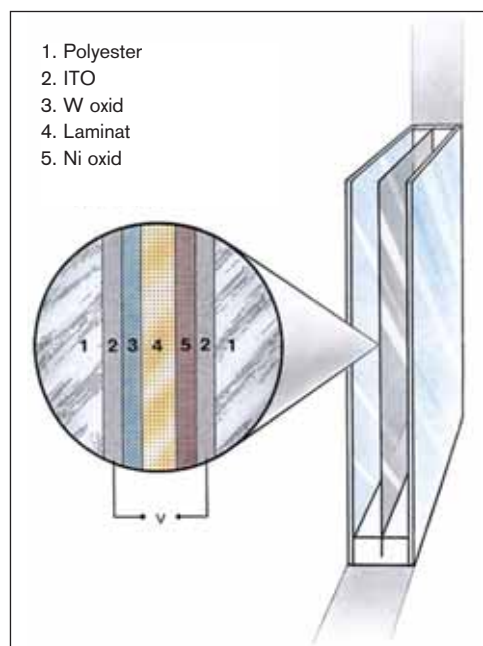
ELEKTROKROMA GLAS

Det **elektrokroma** glaset är uppbyggt med tunna ytbeläggningar på glaset eller med folier som är påklistrade på glaset eller spända mellan rutorna. Man utgår från två tunna polyesterfolier, båda med en genomskinlig och optiskt ledande ytbeläggning. Den ena beläggs med wolframoxid och den andra med nickeloxid. Sedan lamineras oxidtyterna samman med ett plastskikt som leder joner.

Den struktur som då åstadkommit liknar ett elektriskt batteri, där oxidbeläggningarna är anod och katod och där plastfilmen är den mellanliggande elektrolyten. Detta "batteri" kan laddas upp eller ur med hjälp av en spänning på någon volt, lagom att ta från en solcell. Wolframoxiden är mörk i laddat tillstånd och genomskinlig i oladdat. Genomskinligheten genom dubbelfolien kan varieras genom att laddning flyttas mellan oxidbeläggningarna.

Elektrokroma glas finns bl a i USA hos Sage Electrochromics. Solar heat gain factor /solfaktorn kan varieras mellan 0,48 och 0,09 och ljustransmissionen mellan 62 och 3,5 %. De har en max storlek på ca $1,0 \times 1,5$ m. Utveckling av elektrokroma glas pågår även i Europa, bl a av Chromogenics Sweden vid Ångström Solar Center i Uppsala och av företaget EControl-Glas i samarbete med det välkända forskningsinstitutet ift Rosenheim i Tyskland. EControl har isolerrutor bestående av ett yttre lamellglas med ett sk EC-laminat mellan två härdade glas. Det inre glaset är ett lågemissionsglas.

Bild 16. Smarta glas.





*Bild 17. Sony-center, Berlin.
Arkitekt Murphy & John, Chicago.*

Spänningen i EC-laminatet kan styras så att solfaktorn varieras från 0,36 till 0,12 och ljustransmissionen mellan 50 och 15 %. Största storlek är 1200 × 2000 mm.

DIFFUSERANDE GLAS

För glas som diffuserar ljus använder man i dagligt tal ofta begreppet blästrat glas, även om det ytterst sällan verkligen utgörs av blästrat glas. Det man brukar använda är etsat glas, laminerat glas eller screentryckt glas. Gemensamt för dessa glastyper är att de till skillnad från blästrat glas inte får smuts- eller fettfläckar som är svåra eller nästan omöjliga att ta bort.

SCREENTRYCKT GLAS

Screentryckt glas kan åstadkommas på flera sätt: färg som trycks med matris på ett glas, digitalt tryck på glas eller med tryck på en plastfolie i ett lamellglas. Mönster i form av prickar, hål eller ränder fungerar som solskyddsglas eller som insynsskydd. Med tryck på folie och digitaltryck kan man få valfritt mönster, tex som ser ut som ett fotografi. Funktionen kan vara enbart dekorativ, men glaset kan också fungera som reklambärare.

GLASTAK (se även boken Bygga med metall och glas)

Att glasa över gårdar och rum med ett glastak är väldigt vanligt. Ett glastak består av ett antal delar:

- Glasbeklädning med profiler
- Bärande stomme

*Bild 18. Glastak på
Thermae Bath Spa, England.
Arkitekt Nicholas
Grimshaw & Partners.*



- ▶ Anslutningar mot omgivande byggnad
- ▶ Ventilationsluckor för komfort och brand
- ▶ Solavskärmning
- ▶ Klimatregleringssystem
- ▶ Rengörings- och serviceanordningar

Glasbeklädnaden är det primära skyddet mot utomhusklimatet. Den ska skydda bla mot regn, snö, vind och extrema temperaturvariationer. Glasbeklädnaden består vanligen av glas och aluminium, men även plast och stål förekommer. Glasbeklädnaden bärs nästan alltid upp av en stomme, vanligen i stål eller limträ. Glasbeklädnad och bärande stomme ansluts till den omgivande byggnaden så att laster och rörelser kan tas om hand utan skadliga effekter.

Ventilationsluckor för vädring kan utformas på en mängd olika sätt. Vanligen kombineras de med rökgasluckor. Vidare förekommer ibland anordningar för solavskärmning. Ventilationsluckor och solavskärmning styrs av ett automatiskt regelsystem.

Glastaket ska vid behov kunna rengöras såväl på in- som utsidan. Ofta är det nödvändigt att vidta förberedande installationer för detta.

Ett glastak utgör en del av ett överglasat rum. Detta rum är vanligen stort och ställer höga krav på utformning och funktion. Samtidigt är ett överglasat rum en integrerad del i en byggnad. När man utformar ett glastak är det därför nödvändigt att man ser helheten. Ett överglasat rum påverkar såväl gestaltning och planlösning som tekniska lösningar för hela byggnaden:

- | | |
|-----------------|---------------|
| ▶ Helhet | ▶ Brandskydd |
| ▶ Konstruktion | ▶ Ventilation |
| ▶ Kommunikation | ▶ Uppvärmning |
| ▶ Funktion | ▶ Akustik |
| ▶ Gestaltning | ▶ Förvaltning |
| ▶ Nyttjande | ▶ Ekonomi |

Jämfört med en traditionell byggnad kräver det överglasade rummet en fördjupad samverkan mellan olika fackkonsulter för att uppnå en god funktion och en bra totalekonomi.

GLASFASADER (se även boken Bygga med metall och glas)

Glasfasader kan indelas i typer på olika sätt:

Mekaniskt infäst med

- ▶ ramverk av metallprofiler
- ▶ punktvis med clips som är öppna eller dolda av täckprofil
- ▶ punktvis med bultar genom glaset

Limmat infäst mot metallprofil, sk structural glazing

- ▶ tvåsidigt, kombinerat med profiler
- ▶ fyrsidigt

Dubbelskalfasader

- ▶ två glasskal med mellanliggande utrymme vanligtvis försett med rörliga solskydd

Glasfasader är ofta av typen *curtain wall*. Detta är ett amerikanskt begrepp som myntades på 1950-talet. Med detta avses en icke-bärande yttervägg, vanligtvis hängande utanför den bärande stommen, till vilken den är infäst. Som regel består den

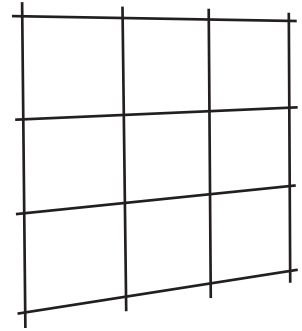


Bild 19. Mekanisk infästning med profiler.

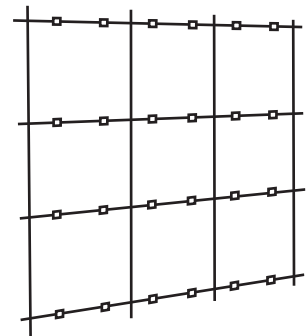


Bild 20. Mekanisk infästning med clips.

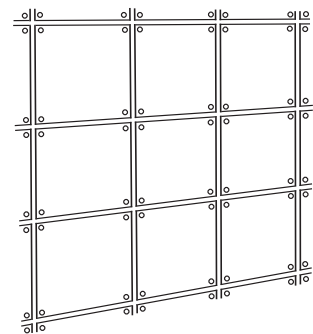


Bild 21. Mekanisk infästning med bultar.

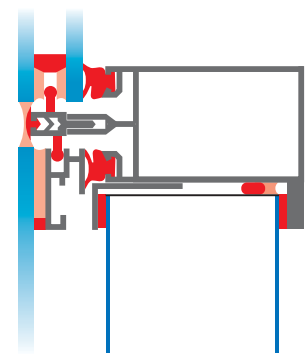


Bild 22. Limmad infästning (structural glazing).

*Bild 23. Turning Torso,
Malmö. Belyst grön.
Arkitekt Santiago Calatrava.*



av ett ramverk med fyllda bröstnings- och fönsterpartier. En curtain wall kan vara platsbyggd eller bestå av prefabricerade element. I bröstningarna kan den yttre skivan vara av glas, stål, aluminium, sten eller i något annat material.

En glasfasad ska vara tvåstegstättad. Det första steget innebär att den yttre delen av fasaden ska vara så regntät som möjligt och tryckutjämnad, men luftad och dränerad så att fukt som kommer in kan ta sig ut. Tryckutjämnningen innebär att det är samma lufttryck på båda sidor om den yttre tätningen, vilket gör att vatten inte pressas in i fasaden vid fogar eller andra otätheter. Detta är speciellt viktigt vid slagregn då det bildas en vattenfilm på fasadytan som vill tränga in i fasaden.

Det andra steget utgörs av luft- och diffusionstättningen som ska ligga i den varma delen av väggen. Denna tätning ska då även ta upp tryckskillnaden mellan ute och inne. I lätta utfackningsväggar är denna tätning som regel en plastfolie. I en betongvägg utgör betongen i sig tätning. I en curtain wall används som regel en metallplåt (vanligen 0,7–1,5 mm tjock) av stål eller aluminium som invändig tätning.

Structural Glazing är det engelska ordet för att fästa glaset på ett sätt som ger en hel och till synes obruten glasyta genom att limma glasskivor på ett bakomliggande metallprofilsystem. Limmet används statiskt för att överföra lasterna från glaset till den bärande konstruktionen.

Structural Glazing har sitt ursprung i Nordamerika där man i början på 1970-talet lyckades utveckla ett silikonlim som gjorde det möjligt att limma glas till andra material. Glaset kan limmas längs alla fyra sidorna eller endast till två motstående sidor. Limningen kräver att det är fritt från föroreningar och fukt samt att luften håller en viss minimitemperatur. Dessa faktorer gör att limning ska ske inomhus under kontrollerade förhållanden och så att limmet får tid att härda ut före montaget på byggarbetsplatsen.

En avgörande komponent i en limmad fasad är silikonerna av olika slag. Vid valet av silikon bör man vara uppmärksam på att det finns en mängd olika sorter av silikonerna för skilda bruk och material. Det gäller att välja silikon som är beständig och passar ihop med alla övriga komponenter i fasadsystemet. Limmets vidhäftningsegenskaper mellan glas och metall måste alltid testas och godkännas av silikonproducenten, som även svarar för dimensioneringen av fogarna. Om isolerrutor ska ingå i den limmade konstruktionen måste dessa vara förseglade med silikon och inte som vanligt är med polysulfid för att tillförsäkra UV-stabilitet.

En dubbelskalfasad består vanligen av två glasfasader åtskilda av ett utrymme med rörliga solskyddsanordningar av typen persienner eller dukar. Utrymmet används ofta för att komma åt att tvätta glaset. Det finns många olika sätt att utforma en dubbelskalfasad. I praktiken har varje ny fasad sin egen utformning anpassad till aktuella förhållanden. Något schematiskt kan dock fyra huvudtyper särskiljas:

1. **Korridorfasad** (Corridor facade) som är indelad horisontalt och ventileras våningsvis. Exempel på detta är Stadttor i Düsseldorf.
2. **Boxfasad** (Box facade) som är indelad såväl horisontellt våningsvis som vertikalt i enheter som följer rumsindelningen. Indelningen kan tex ske med glasskivor. Exempel på detta är Viktoria versicherung i Düsseldorf och RWE i Essen.
3. **Schaktboxfasad** (Shaft box) som är en variant på boxfasaden försedd med ett ventilationsschakt som förbinder flera våningar och förstärker den naturliga ventilationen. Exempel på detta är Photonic Center i Berlin och Arag i Düsseldorf.
4. **Flervåningsfasad** (Multi-storey) som inte har några indelningar varken horisontellt eller vertikalt mellan de båda skalerna. Ofta är luftspalten byggnadshög. Exempel på detta är Victoria Ensemble i Köln samt de flesta nordiska projekten. Denna typ lämpar sig inte för naturlig ventilation.



*Bild 24. Kista Science Tower.
Elementbyggd dubbelskalfasad.
White arkitekter.*

Beroende på hur luftspalten mellan de två skalen ventileras kan följande huvudprinciper urskiljas:

- ▶ I *system utan naturlig ventilation* ventileras spalten av uteluft som tas in nedtill och släpps ut upptill. Luftspalten kan variera från byggnadshög såsom i Nokia House i Kista till våningshög som i Kista Science Tower. Uteluften tas i det första fallet in genom öppningar i botten och släpps ut vid taket samt i det andra fallet tas in vid den undre bjälklagskanten och släpps ut vid den övre bjälklagskanten.
- ▶ I *system med naturlig ventilation* tas uteluften in i byggnaden genom öppningsbara fönster för ventilation av innanförliggande rum.
- ▶ I en *frånluftfasad* har fasaden ett enkelglas på insidan av en yttre isolerruta. Den mellanliggande spalten ventileras med inneluft som sugas ut med en frånluftsfläkt. Konstruktionen är sedan 1957 ett svenskt patent (av Lundén och Södergren). Ett exempel är Det Kgl Bibliotek på Amager i Köpenhamn.

I Norden har hittills nästan endast system utan naturlig ventilation använts medan i bla Tyskland system med naturlig ventilation är vanligt förekommande.

BÄRANDE GLAS

Ett första steg att dematerialisera den bärande konstruktionen är att ersätta de linjära infästningssystemen (kontinuerliga) med punktformiga som kan utföras med eller utan glasgenomföring. Ett exempel på detta är det glasade atriet på hotell Kempinski i München som färdigställdes 1994. Bild 25.



*Bild 25. Hotell Kempinski,
Münchens flygplats.
Murphy/Jahn Arkitekter.*



Bild 26. Glasbro i Rotterdam.
Arkitektbyrån Kraaijvanger
och Urbis.

För att ytterligare dematerialisera den bärande konstruktionen kan glaset i sig användas som en tryckbelastad konstruktion.

En ytterligare möjlighet att använda glas i bärande funktion är att anbringa glasfenor som vindavstyrning.

Den ultimata användningen av bärande glas är att använda glas som bärande konstruktion både i tak och väggar.

Entrépaviljongen till Broadfield House Glass Museum i Kingswinford (England) bärs av sammansatta halva ramar av lamellglas bestående av tre glasskivor. De 30 cm höga glasbalkarna är sammanfogade med 28 cm breda pelare. Till det låglutande taket användes isolerrutor. Alla fogar är tätade med svart silikon.

Andra exempel på konstruktioner med bärande glas är glasbron i Rotterdam (bild 26) som förbinder kontorsrum i två angränsande byggnader samt skärmtaket till Yurakucho tunnelbanestation i Tokyo (bild 27).

Bild 27. Tunnelbaneuppgång
i Tokyo med skärmtak av glas.





BYGGNADSINTEGRERADE SOLCELLER

En solcell (photo voltaic) består av en tunn skiva eller film av ett halvledarmaterial som lagts på ett underlag som oftast är av glas. Om solcellen är belyst så uppstår en spänning mellan framsidan och baksidan. En enskild solcell ger en låg spänning, ca 0,5 volt, den är bräcklig och känslig för fukt. Man seriekopplar därför solceller för att få praktiskt användbara spänningar. De seriekopplade solcellerna skyddas mot fukt, mekaniska belastningar och beröring genom att de inkapslas i ett laminat. Framsidan av laminatet är av ett transparent material, vanligen glas. För baksidan finns en större frihetsgrad vid val av material. Glas och teflonduk (Tedlar) är vanligt förekommande.

Solceller tillverkas i flera varianter, oftast med kisel som råvara. Det finns även solceller som baseras på tunnfilmsteknik (CIGS – koppar, indium, gallium, selen, se bild 30). Utvecklingen av denna teknik pågår och ses som mycket lovande på 5–10 års sikt.

Solcellsmoduler finns i olika kulörer och olika former, monterade på metall eller glas, och täckta med en glas- eller plastyta. Semitransparenta moduler får man genom att solcellerna på valfritt sätt placeras ut på en glasyta och därefter lamineras. Mellanrummen mellan solcellerna och valet av glas även på baksidan gör att konstruktionen får det semitransparenta utseendet. Det skapar ett spännande ljusspel, men ger inte svalka.

Utvecklingen av solceller har lett fram till att byggnadsintegrerade solceller blivit aktuella. Under perioden 15 maj 2005 till 31 december 2007 finns ett statligt stöd att söka om man vill använda solceller i byggnader för offentlig verksamhet. Stöd utgår med 70 % av kostnaden för solcellssystemet. 100 miljoner kronor har avsatts.

Byggnadsintegrerade solceller ingår som en del i klimatskalet, och oftast är den arkitektoniska avsikten att de ska vara inordnade eller underordnade en arkitektonisk helhet. Solceller kan även monteras utanför klimatskiktet, exempelvis som utvändigt solskydd för glasade ytor.

Bild 29. Förslag till nytt kommunikationscentrum i München, Tyskland. Arkitekt Gert Wingårdh.

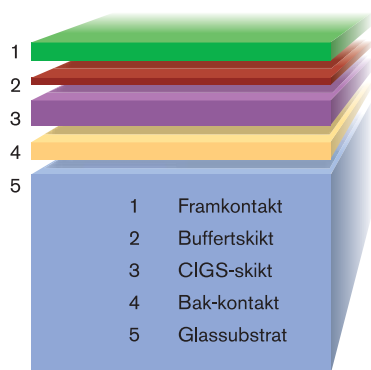


Bild 30. CIGS – Tunnfilms-solcellens uppbyggnad.

Solcellerna i drift bildar även värme, delvis på grund av att den del av solljuset som inte nyttiggörs i form av el ombildas till värme i solcellen. Solcellerna fungerar bäst vid låga temperaturer. Det finns därför flera skäl till en luftad konstruktion.

Förutom byggnadsintegration kan solceller utnyttjas som arkitektoniskt element vid utformningen av olika delar infrastrukturen, såsom stationsområden, busshållplatser, parkeringsplatser och bullerskydd.

LAMELLGLAS

Lamellglas har fått en allt större användning bl.a. för att lägga in mönster i folien av estetiska skäl eller som solskydd. Det pågår också en snabb utveckling av folier till lamellglas för att ge dem bättre ljudegenskaper eller större styvhet. Den ljudreducerande förmågan ökar och folier med större styvhet ger nya möjligheter till bärande konstruktioner och tunnare skyddsglas.

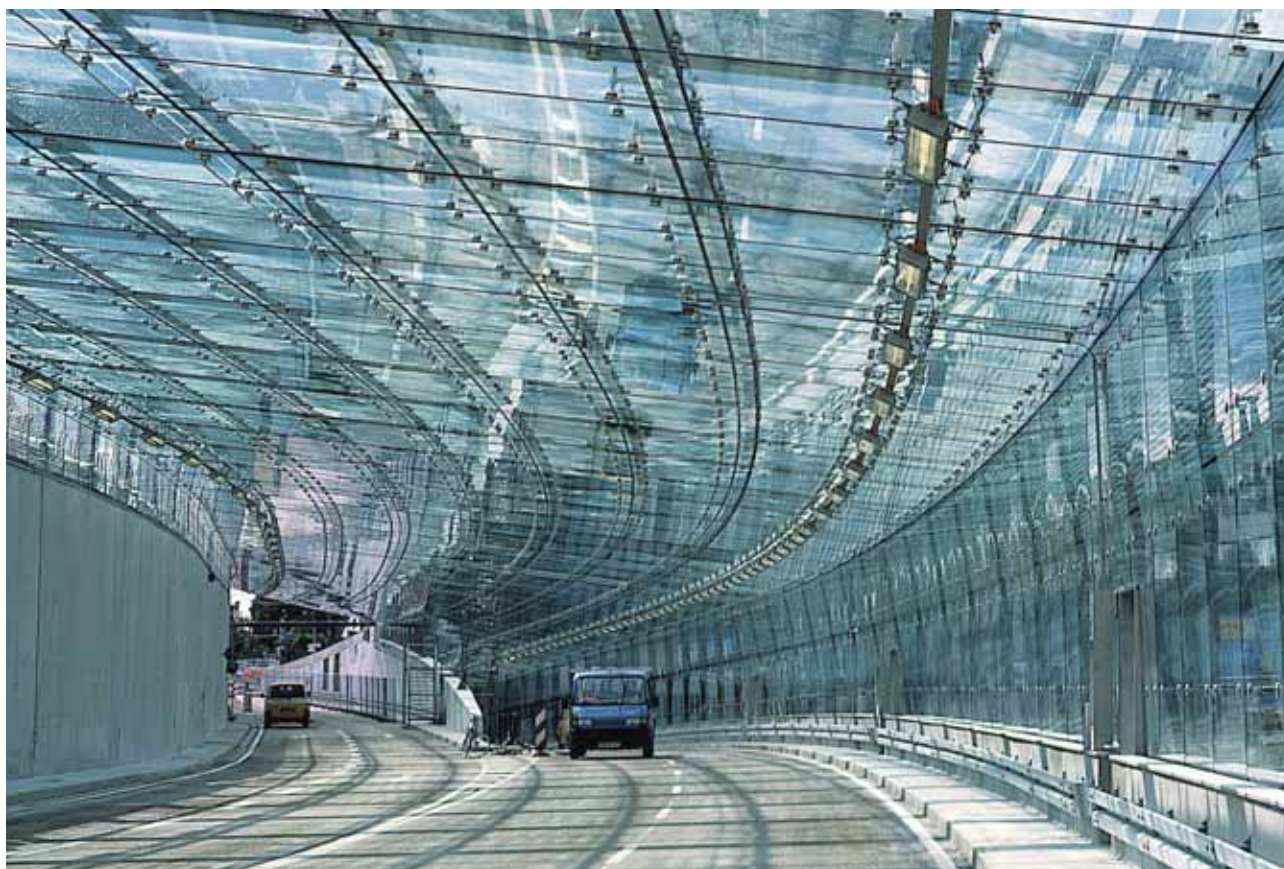


Bild 31. Petuel-tunneln i München.

**Bild 32. Modeföretaget
Pradas butik i Tokyo, Japan.
Arkitekter Herzog & de Meuron.**



A modern office environment with large windows and glass partitions. On the left, a desk is equipped with a computer monitor, keyboard, and other office supplies. In the center, a glass partition separates the workspace. On the right, a man is seated at a round table, engaged in a meeting. The background shows a view of a city and a body of water.

Säkerhet och skydd



Personssäkerhet 34 Skyddsglas 36 Brandskydd 42

Personsäkerhet

Glas som vid ofrivillig personkontakt minimerar eller helt eliminerar risken för personskador kallas säkerhetsglas. Dessa glas används för att förhindra skärskador när personer faller mot lågt sittande glas eller förhindra nedstörtning vid nivåskillnader på respektive sida om glaset.

Vad säger byggreglerna?

8:35 GLAS I BYGGNADER

Glasytor som är oskyddade och så placerade att personer kan komma i kontakt med dem, ska utformas så att risken för personskador begränsas. Glasytor och infästningar ska tåla dynamisk påverkan av en människa. *Allmänt råd:* Provningsmetod för motstånd mot tung stöt och klassindelning finns i SS-EN 12600.

8:351 Skydd mot sammanstötning

Stora glasytor i dörrar samt glasytor som kan förväxlas med dörrar eller öppningar ska vara tydligt markerade. *Allmänt råd:* Markeringarna bör avvika mot bakgrunden och vara synliga för både stående och sittande personer.

8:352 Skydd mot fall genom glas

Om nivåskillnaden från glasytans underkant till golvet eller marken utanför är större än 2,0 meter ska glasytor utformas så att risken att falla genom glasytan begränsas. *Allmänt råd:* Laminerat säkerhetsglas enligt avsnitt 8:353 bör användas. Alternativt kan räcke fungera som skydd.

8:353 Skydd mot skärskador

Glasytor ska utformas så att risken för skärskador begränsas. *Allmänt råd:* Termiskt härdat säkerhetsglas enligt SS-EN 12150-2, som klarar lägst klass 1(C)2 eller laminerat säkerhetsglas enligt SS-EN 14449 som klarar lägst klass 2(B)2 enligt SS-EN 12600 bör användas i:

- glasträcken,
- glasytor i entréer och kommunikationsutrymmen om avståndet från glasytans underkant till golvet eller marken är mindre än 1,5 meter,
- glasytor i enskilda bostadslägenheter om avståndet från glasytans underkant till golvet eller marken är mindre än 0,6 meter,
- glasytor i andra utrymmen där barn kan vistas än bostäder 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 avståndet från glasytans underkant till golvet eller marken är mindre än 1,5 meter.

I de fall en dörr eller ett parti glaset med små rutor kan glas som inte klassas som säkerhetsglas användas.

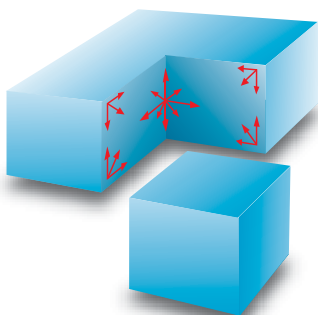
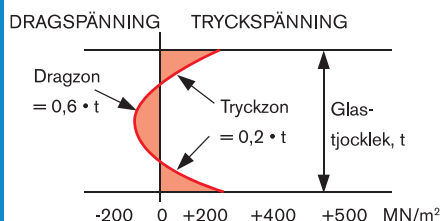


Bild 33. Härdat glas.

Säkerhetsglas

Vanligt glas spricker i vassa glasspjut som kan förorsaka skärskador. För att glas inte ska spricka på detta sätt används säkerhetsglas – härdade eller laminerade glas i olika kombinationer. Det finns även plastfilmer som lamineras på befintligt glas som fungerar som personskydd.

HÄRDADE GLAS

Termiskt härdade säkerhetsglas får sin styrka genom att först värmas till strax över 600°C så att det blir mjukt och spänningsfritt. Därefter kyls det ned så snabbt att det uppstår tryckspänningar i glasets ytskikt och dragspänningar i mitten.

Denna förspänning i ytan ökar glasets böjdraghållfasthet 4–5 gånger. Härdat glas är dock inte hårdare än vanligt glas utan repas lika lätt. Det är heller inte styvare utan böjer ut lika mycket som vanligt glas vid belastning.

Efter härdning kan inte glaset bearbetas vidare. All tillskärning och bearbetning måste göras före härdning, vilket gör att härdat glas inte är en lagervara. När härdat glas brister, spricker det i ett stort antal små granuler. Det blir då ett hål där glaset tidigare suttit, eventuellt med glasfragment kvar där det förut varit inspänt. Risken för skärskador är därför normalt väldigt liten när härdat glas går sönder.

Mekanisk åverkan av glaskanten och även genom tryckzonen kan orsaka att det härdade glaset momentant spricker och granulerar. Det kan även hända att ett härdat glas granulerar spontant. I glas kan det nämligen finnas mikroskopiskt små inneslutningar av nickelsulfid vilka kan leda till att glaset spontangranulerar. Denna risk är dock relativt liten och kan minskas genom att man utsätter glaset för ett värmetest, sk heatsoaktest. Rätt utfört värmetest enligt SS-EN 14179 med hålltid på 2 timmar vid 290°C minskar inte det härdade glasets hållfasthet.

Värmetestet är en förstörande provning där åtminstone merparten av de glas som löper risk att spontangranulera gör det vid provningen och därmed sorteras ut. Så samtliga glas i det härdade partiet måste testas.

LAMINERADE GLAS

Lamellglas tillverkas genom att två eller flera glasskivor läggs samman med ett tunt mellanliggande plastskikt, vanligen polyvinylbutyral (PVB), eller med UV-härdat lim. Därigenom fås en mycket stark vidhäftning mellan glas och plast. Vid glasbrott håller den sega plasten glasbitarna kvar på plats. Laminerat säkerhetsglas är laminerat glas, som provats och erhållit någon klass enligt SS EN 12600.

KLASSNING

Säkerhetsglas testas mot tung stöt enligt SS-EN 12600 med ett pendeltest som innebär att en pendel bestående av två däck med en vikt av 50 kg får falla från givna höjder. Säkerhetsglasen indelas i tre olika klasser, 1–3, beroende vilken fallhöjd de klarar, där 1 är bäst. Säkerhetsglas betecknas med en tresiffrig kod, t ex 1(B)1 där den första siffran anger högsta fallhöjden där glaset inte spricker eller spricker med säkert brott, bokstaven typ av bräckage⁷ samt den sista siffran den högsta höjd där glaset inte spricker eller spricker som laminerat glas.

Det är bara termiskt härdat säkerhetsglas som uppfyller produktstandarden SS-EN 12150 och laminerat säkerhetsglas som uppfyller produktstandarden SS-EN 14449 som ska användas som personsäkerhetsglas.

Råd

- I lutande konstruktioner ska det inre glaset vara laminerat vilket hindrar glasbitar från att falla ned. Om det yttre glaset är härdat skyddar det mot åverkan och yttre laster.
- Glas i tex invändiga skyltfönster bör vara väl infästade och tillräckligt styva så att de inte ramlar loss ur sina fästen eller böjer ut så mycket att de känns så veka att det upplevs som obehagligt eller innebär klämrisker där två glasskivor med öppna kanter möter varandra.

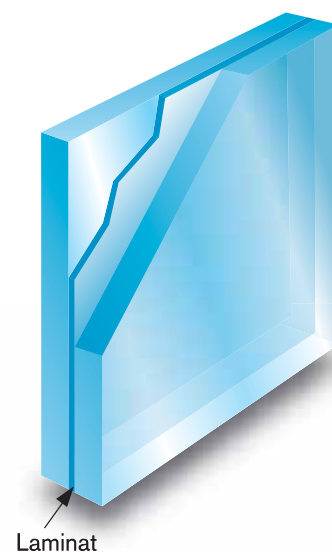


Bild 34. Laminerat glas.

7. A som vanligt glas,
B som laminerat glas,
C som härdat glas.

Skyddsglas

Skyddsglas används för att minimera risken för skada på sak och person vid yttre våld såsom vandalism, inbrott, beskjutning eller explosion. Skyddsglas används även i exempelvis sjukhus eller fängelser för att förhindra rymning eller intrång.

Vad säger byggreglerna?

BBR säger ingenting om skyddsglas utan dimensionering sker utifrån gällande standarder och branschregler.



Bild 35. Demonstration av hur svårt det är att komma igenom ett skyddsglas.

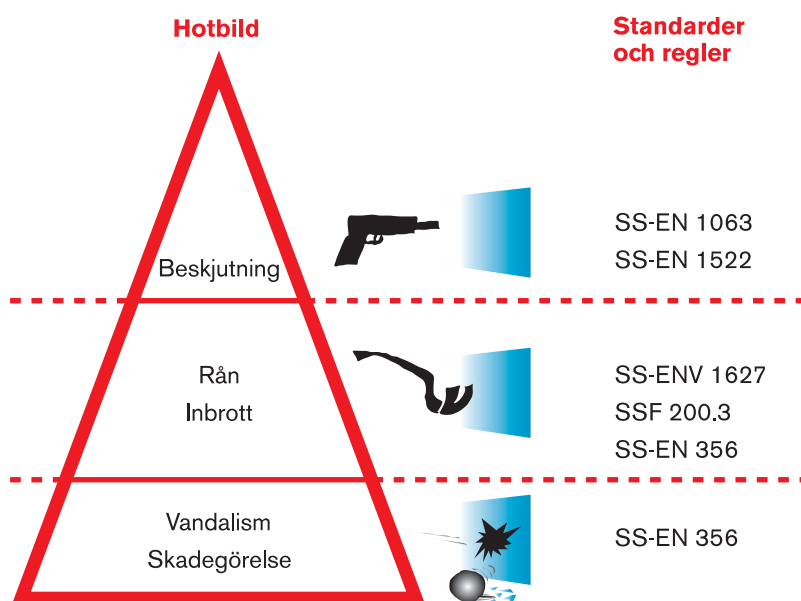


Bild 36. Skyddsglas.

Allmänt

Beroende på vad glaset ska skydda mot, delas det in i olika klasser, som svarar mot uppställda krav. Skyddsglas kan översiktligt indelas enligt följande:

Typ	Skydd mot	Standard	Klasser, nya	Klasser, gamla	Tjocklek ⁸ mm
A	Vandalism, skadegörelse	SS-EN 356 Kulstest.	P1A–P5A	A1–A3	7–11
B	Inbrott	SS-EN 356 Yxtest.	P6B–P8B	B1–B3	11–31
C	Beskjutning	SS-EN 1063 Beskjutning med projektiler (luftgevär, handeldvapen, gevär, jaktgevär). SS-EN 1522 Fönster, dörrar, jalousier och solskydd – Skottsäkerhet – Krav och klassindelning.	BR1–BR7 S resp NS	C1–C5	13–87
D	Explosionstryck	SS-EN 13541 Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motstånd mot explosivt tryck. SS-EN 13123-2:2004 Fönster, dörrar och luckor – Säkerhet vid explosion – Krav och klassindelning – Del 2: Utomhustest i fält. SS-EN 13123-1 Fönster, dörrar och jalousier – Säkerhet vid explosion – Krav och klassindelning – Del 1: Stötvågskammare.	ER1–ER4 S resp NS	D1–D3	10–60

8. Tjockleken kan skilja pga hur styv vidhäftningen blir men också på vilken typ eller vilket fabrikat av folie som används i lamell.

Tabell 2. Översikt skyddsglas.

Test SS EN 356 - Fallande stålcula

Klass	Höjd	Joule
P1A	1500	62
P2A	3000	123
P3A	6000	247
P4A	9000	370
P5A	9000 (3x3 i en triangel)	

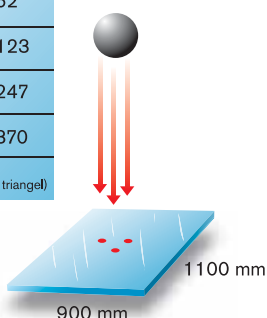


Bild 37. Kulstest.

Test SS EN 356 - Hugg med yxa

Klass	Antal hugg
P6B	30 - 50
P7B	51 - 70
P8B	> 70

Yxmaskin för test

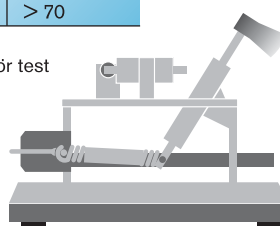


Bild 38. Yxtest.

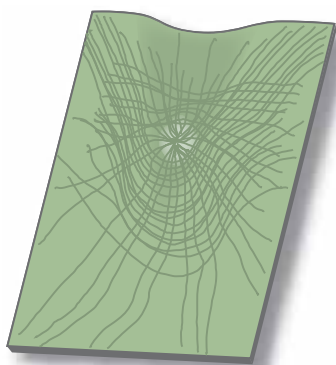


Bild 39. Laminerat glas hålls ihop av plastfolien vid brott.
Källa Pilkington.

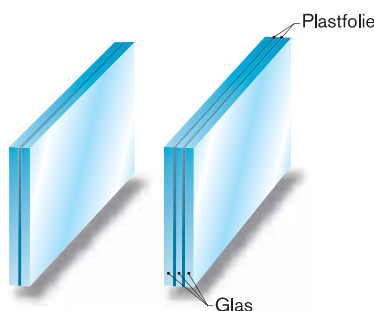


Bild 40. Exempel på laminerade glas med ett respektive två skikt folie.

Krav inbrott
SS-ENV 1627
SS-EN 356
SSF 200:3

När det ställs skyddskrav på glas krävs det oftast att glaset är laminerat. Till skillnad mot ett härdat enkelglas, sitter ett laminerat glas kvar i den omgivande konstruktionen när det spricker om infästningen är gjord på ett betryggande sätt. Lamellglaset ger även det motstånd i form av seghet som krävs för att uppfylla kraven.

Laminerat glas består av två eller flera glasskivor som limmats ihop med plastfolier eller med UV-härdat lim. Härdade glas och plastmaterial som polykarbonat kan ingå i en laminerad konstruktion. Det finns även plastfilmer som lamineras på befintligt glas som fungerar som skyddsglas.

Laminerade skyddsglas klassas enligt standarden SS-EN 356 i 8 klasser:

Klass	Motsvarande tidigare klass enligt SS 224425 ⁹
P1A	
P2A	A1
P3A	A2
P4A	A3
P5A	
P6B	B1
P7B	B2
P8B	B3

Tabell 3. Indelning av laminerade skyddsglas enligt SS-EN 356.

Skyddsglas mot inbrott

Krav på inbrottsskyddande glas ställs:

- dels av försäkringsbolagen, eller andra kravställare, genom krav formulerade i SSF 200:4, Mekaniskt inbrottsskydd
- dels i den europeiska försöksstandarden SS-ENV 1627 Fönster och dörrar – Inbrottsskydd.

I texten nedan behandlas enbart de krav som ställs på själva glasskivan. Det krävs också annat för att kraven på godtagbart skydd ska vara uppfyllt: Den glasade konstruktionen måste i sin helhet, d v s glasets infästningar i det bärande systemet och infästningar av detta etc, ge ett efter förhållandena godtagbart skydd mot inbrott och försvåra att stöldgods förs bort.

KRAV ENLIGT SSF 200:4

Skalskyddet indelas i följande tre *skyddsklasser*:

1. verksamhet med ingen eller ringa mängd begärlig egendom
2. verksamhet med större mängd begärlig egendom
3. verksamhet med huvudsaklig inriktning på begärlig egendom

Tabell 4. Skyddsklasser enligt SSF 200:4.

9. Motsvarigheten är dock inte exakt eftersom förutsättningarna är något annorlunda i den nya standarden jämfört med den gamla. Man kan därför inte automatiskt klassa om ett glas.

I tabell 5 nedan visas de krav som ställs i SSF 200:4 på fönster. I vissa fall kan försäkringsbolaget ställa ytterligare krav.

Skyddsklass	Fönster	
	Krav enligt SSF 200:4	Tilläggskrav vid "smash-and-grab"-inbrott ¹⁰
1	Öppningsbart fönster med underkant lägre än 4 m ska vara stängt och invändigt reglat. På glas ställs inget krav.	Glas ska vara min P7B
2	Öppningsbart fönster som har underkant lägre än 4 m över markplan eller som är lättåtkomligt ska vara låst med godkänt lås eller ha inkrypningsskydd. På fasta fönster ställs inget krav på glas. Glas som inkrypningsskydd ska vara min P7B.	Glas ska vara min P7B
3	Samtliga fönster som har underkant lägre än 4 m över markplan eller som är lättåtkomliga ska ha inkrypningsskydd. Glas som inkrypningsskydd ska vara min P7B.	Glas ska vara min P7B

Tabell 5. Krav på fönster enligt SSF 200:4.

När krav ställs på inkrypningsskydd ska det vara glas eller polykarbonat i lägst klass P7B eller galler/rulljalousier av metall i lägst klass 3.

KRAV ENLIGT EN SS-ENV 1627 E¹²

I SS-ENV 1627 anges 6 klasser, där varje klass representerar ett visst motstånd mot mekanisk påfrestning, mot statisk och dynamisk belastning samt mot manuellt angrepp. Klass 1 har lägst krav och klass 6 högst.

Inbrottsskyddsklass	Krav på glas enligt SS-ENV 1627
1	Inga
2	P4A
3	P5A
4	P6B
5	P7B
6	P8B

Tabell 6. Krav på glas i olika inbrottsskyddsklasser.

"Smash-and-grab"-inbrott finns inte här som begrepp utan man anger i standarden ENV 1627 vilket angrepp varje klass ska kunna motstå. Tolkningen av skyddsklass för "smash-and-grab"-inbrott kan därför variera.

10. Tilläggskravet skydd även mot smash-and-grab gäller för fönster lägre än 2 m över markplan och 1,5 m över annat ståplan.
12. Den är ännu så länge bara ENV och således ingen giltig standard.



Bild 41. Glas testat för beskjutning för BR 6 NS.

Tabell 7. Vägledning för val av inbrotts-skyddsklass (förväntad inbrottsmetod).

Inbrotts-skyddsklass enligt ENV 1627	Vägledning för val av inbrottskyddsklass (förväntad inbrottsmetod) enligt ENV 1627, tabell D1.
1	Inkräktare förväntas försöka bryta igenom fönster, dörr eller jalousi genom åverkan utan verktyg (genom att sparka, riva, bända).
2	Som klass 1, men inkräktaren förväntas vara utrustad med mindre verktyg som skruvmejsel, tång od.
3	Inkräktare förväntas försöka bryta igenom med hjälp av flera skruvmejslar samt kofot.
4	Inkräktare förväntas ha en viss erfarenhet av inbrott och utöver verktygen enligt klass 3 även ha tillgång till såg, hammare, yxa, mejslar och batteridrivna bormaskin.
5	Inkräktare förväntas vara en erfaren inbrottstjuv och utöver verktygen enligt klass 3 även ha tillgång till en omfattande uppsättning hand- och maskindrivna verktyg inklusive vinkelslip med en skiva med 125 mm diameter.
6	Som klass 5, men inkräktaren förväntas vara utrustad med vinkelslip med skiva med 230 mm diameter.

Övriga skyddsglas

För skottskyddande glas gäller standarden SS-EN 1063 Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motståndsförmåga mot beskjutning. I standarden indelas glasen i klasserna BR1 – BR7 samt SG1 – SG2 beroende på vilket vapen (typ av ammunition) som glaset ska skydda mot. Det finns även motsvarande standard för fönster och dörrar, SS-EN 1522 Fönster, dörrar, jalousier och solskydd – Skottsäkerhet – Krav och klassindelning.

För explosionsskyddande glas gäller standarden SS-EN 13541 Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motstånd mot explosivt tryck samt SS-EN 13123. Fönster, dörrar och luckor – Säkerhet vid explosion – Krav och klassindelning.

Vid såväl beskjutnings- som explosionsklasserna tillkommer för varje klass begreppet S för tillåten splitteravgång eller NS när splitter ej accepteras på icke angreppssida.

Krav skott
SS-EN 1063
SS-EN 1522

Krav explosion
SS-EN 13541
SS-EN 13123

Råd

- Det är ytterst försäkringsvillkoren som avgör lämplig skyddsklass. Valet av skyddsåtgärder bör därför alltid ske i samråd med aktuellt försäkringsbolag eller skyddssakkunnig. Ange skyddsklass på glaset enligt ENV 1627 för att undvika tolkningsproblem.
- Skyddsglas ska monteras så att de inte är demonterbara från utsidan och enligt gällande riktlinjer från MTK "Skydd, montering av glas avsedda för sak- och personskydd".



Bild 42. Glas testat för sprängning.

Brandskydd

Brandskyddsglas syftar primärt till att skydda personer och underlätta utrymning vid brand, endast sekundärt till att skydda egendom.

Bild 43. Dagens glas klarar höga krav på brandskydd.



Vad säger byggreglerna?

I BBR avsnitt **5:63 Yttervägg och fönster** ställs krav på brandklass hos yttervägg, fönster i yttervägg, inglasad balkong eller loftgång och inglasat uterum.

I allmänna råd sägs bla

- Avståndet i höjdlängd mellan fönster i olika brandceller bör vara minst 1,2 meter, såvida inte fönstren utförs i lägst E 15 inom detta avstånd.
- Fönster (glasytor) som är inbördes belägna så att direkt värmestrålning från brand kan ske från det ena fönstret till det andra omfattas av föreskriftens krav.
- Värmestrålning förutsätts därvid ske vinkelrätt och snett ut från fönstret intill 135° vinkel från fönsterytans plan. Om vinkeln i innerhörn är mindre än 60°, gäller vad som anges för motstående (parallella) ytterväggar.
- Dörrar och fönster i lägenheter, som vetter mot inglasade loftgångar med brandavskiljande inglasning, bör utföras i klass EI230 (EI30), respektive EI130 (EI30).

Vad händer vid en brand

Det är en vanlig uppfattning att brandcellsskiljande byggnadsdelar måste byggas helt av sten eller betong och att man måste avstå från fönster och glaspartier. Detta är en felaktig föreställning. I dag är brandglas så effektiva att de klarar även höga krav på brandskydd. Att använda glas som brandskyddande och brandavskiljande element innebär att kontakten med natur och omgivning kan bibehållas och dagsljuset tillåts komma in i rummen.

Den första fasen under en brand kallas *antändningsfasen*. Under den fasen börjar det pyra, och varma och delvis oförbrända gaser stiger mot taket. Rummet börjar fyllas av livsfarlig koloxid och gaser från förbrända plaster. I nästa fas, *flamfasen*, slår flammor upp och sprider sig. Ett rökgaslager börjar byggas upp vid taket. Den här fasen varar normalt 3–5 minuter. Upptäcks branden nu, har människor goda chanser att klara sig och man kan även hinna bekämpa eldhärden.

Görs ingenting, blir rökgaslaget snabbt så varmt och värmestrålningen så stor att alla ytor och möbler i rummet antänds; då inträder *övertändningsfasen*. Branden har övergått från att vara lokal till att omfatta hela rummet. En övertändning har skett. Ingen människa kan överleva nu. Temperaturen är ofta kring 1000°C och invändig brandbekämpning är inte längre möjlig. Man måste i stället inrikta sig på att förhindra brandspridning.

Det är nu som brandavskiljning i byggnaden har mycket stor betydelse. Under förutsättning att brandglasen är riktigt monterade, fönstren stängda och inget hindrar branddörrarna från att stängas, finns det rimliga möjligheter att begränsa branden. Brister det någonstans, sprids elden snabbt och rök väller upp genom trappor och längs korridorer. Evakuering av människor och värdeföremål försvåras avsevärt.

Brandklasser

Byggnadskonstruktioners brandmotstånd kan klassas i olika brandtekniska klasser eller kombinationer av dessa. Klasserna specificerar olika funktionskrav som kombineras med den tid som funktionskravet är uppfyllt. Den avskiljande förmågan kan avse

E = Integritet

I = Isolering

W = Strålning

Det finns olika typer av brandklasser som baserar sig på dessa förmågor (se EN 13501).

E Integritet (Täthet)

Förmågan att motstå brand på en sida utan att branden sprider sig på den oexponerade sidan genom läckage av lågor eller heta gaser.

I Isolering (Täthet)

Förmågan att vid brand på en sida, bibehålla temperaturen under en viss nivå på den oexponerade sidan. Maximal temperaturstegring är 140°C/180°C avseende medelvärde respektive enskilt värde.

W Strålning

Förmågan att vid brand på en sida, tillse att värmestrålningen på den oexponerade sidan är under en viss nivå. Maximal strålning vid provning får inte överstiga 15 kW/m² på avståndet 1 m.

I vissa sammanhang används glas som betecknas med 300/30. Det betyder att glaset klarar 300°C i 30 minuter. Detta är dock ingen standardiserad klass. Härdat glas anses klara 300/30.

Tidsfaktorn

Till bokstavsbezeichnung för brandklass läggs dessutom en tidsfaktor. Ett E30-glas ger skydd mot rökspridning och flammor i minst 30 minuter.

För att klassningen ska gälla, måste glasen vara dels riktigt monterade dels sitta i en ram med minst samma brandklassning samt ha typgodkänd storlek.

Brandskyddsglas

VANLIGT FÖNSTERGLAS ISOLERAR DÅLIGT MOT BRAND

Vanligt fönsterglas, så kallat kalk-sodasilikatglas, har en i brandsammanhang stor längdutvidgning, nästan 1 mm/m och 100 K temperaturhöjning. Vanligt glas har också relativt låg mjukningstemperatur, ca 600°C. Glasets värmeledning, som är ungefär 1 W/(mK), upplevs som stor när det är fråga om isolering. Stor värmeledning gör att glas isolerar ytterst dåligt mot brandens värme.

Den stora längdutvidgningen hos vanligt glas innebär att glaset utvidgas betydligt mer i mitten än i kanten eftersom kanten är skyddad av ramen. Detta resulterar i kraftiga dragspänningar i kanterna som oftast är den för dragspänningar känsligaste delen hos en glasruta. Redan vid en temperaturskillnad på ungefär 40 K mellan mitt och kant uppstår så stor dragspänning att vanligt glas kan spricka. Vid en brand tar det bara någon minut efter övertändning, innan glaset i ett fönster uppvisar denna temperaturskillnad.

Det vanliga fönsterglasets spricker och faller därefter ganska snabbt ur sin ram. Lamellglas spricker lika snabbt, men folien fördröjer kollapsen något. Det rör sig dock endast om några få minuter. Härdat glas tål en temperaturskillnad på minst 200 K¹³ mellan mitt och kant utan att spricka, tack vare den vid härdningen inbyggda tryckspänningen i glasets ytzon. De flesta brandförlopp är dock så snabba och har så kraftig temperaturstegring att även härdat glas granulerar inom en inte alltför lång tid, om glaset är monterat på normalt sätt.

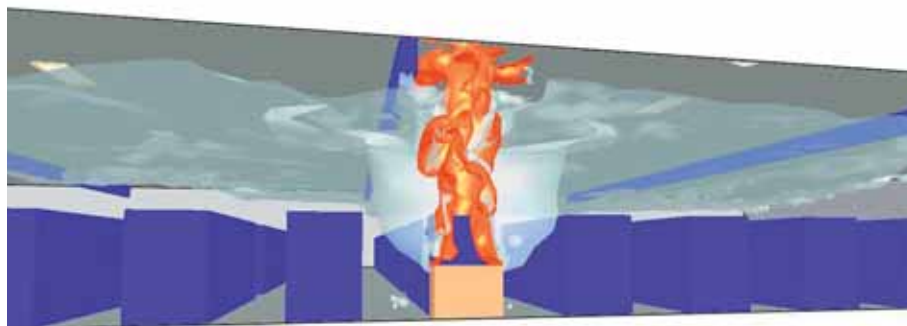


Bild 44. Brandsimulering med CFD. Källa WSP.

SÅ BLIR VANLIGT GLAS KLASSAT SOM BRANDSKYDDSGLAS

Specialhärdat, vanligt glas som har väl slipade, helt oskadade glaskanter och som är monterat i glasfalsar med mycket litet inbyggnadsdjup, för att undvika alltför god isolering, kan bli godkänt som brandskyddsglas upp till klass E30.

Vanligt glas, med sin mjukningstemperatur på ca 600°C, blir under ett brandförlopp mjukt och säckigt, om det inte stabiliseras upp av ett inbyggt trådnät eller av ett skikt, som styvnar när det värms upp. Trådnätets främsta uppgift är att säkerställa att glasbitarna hålls på plats när glaset spricker. På så sätt säkerställs integriteten eller tätheten hos trådglasset vid brand.

Genom att ändra glasets sammansättning något, och byta ut en del natrium och kalcium mot bor (borosilikatglas) eller någon eller några jordartsmetaller, får man ett glas med markant mindre längdutvidgning, utan att de optiska egenskaperna egentligen förändras. Ett glas med betydligt lägre längdutvidgning tål mycket större temperaturskillnad mellan centrum och kant, utan att dragspänningen i kanten blir för stor. Om glaset därtill härdas, så tål dessa glas de dragspänningar som fås i kanten under ett normalt brandförlopp. Förändringen i glassammansättning medför även att glasets mjukningstemperatur höjs väsentligt, vilket förbättrar glasets förmåga

13. Beroende på kantslipning av glaset är denna gräns flytande.

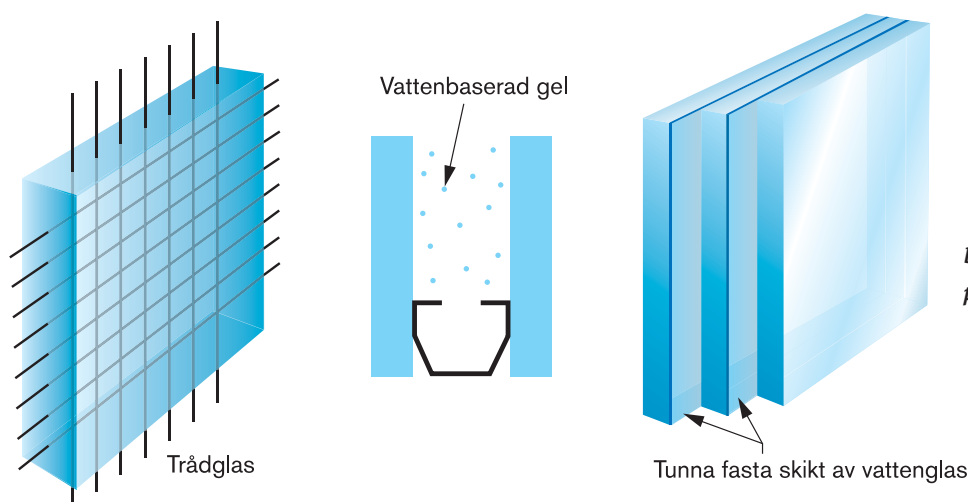


Bild 45. Exempel på brandskyddsglas.

att motstå de höga temperaturer det utsätts för vid en brand. Ramkonstruktionens längdutvidgning spelar också en väsentlig roll.

Genom att laminera ihop glas med speciella fasta skikt av brandlaminat kan man uppnå EI-klass. Skikten har till uppgift dels att ge vidhäftning för glasbitarna för att hålla tätt mot flammor, brandgaser och rök, dels att begränsa värmestrålningen. Vissa skikt kan också svälla upp och ge en avsevärt isolerande effekt. Detta medför att den höga brandtemperaturen på brandsidan inte orsakar att temperaturen på den andra sidan blir alltför hög.

I stället för isolerande skikt kan det även vara en isolerruta med innesluten gel. Under ett brandförlopp avger denna gel vattenånga; den skummar upp och blir isolerande. Denna gel är en kolloidal lösning av natriumsilikat, dvs vattenglas, eller av kaliumsilikat.

Även de tunna, fasta skikt som styvnar och sväller upp och blir isolerande i brandskyddsglas av flerskiktstyp, består av natriumsilikat. Dessa flerskiktsglas byggs oftast upp av relativt tunna glas varvade med ett antal tunna, fasta brandskyddsskikt. Ju tjockare total skiktjocklek glaset har, desto bättre isolering har det och desto längre tid klaras isoleringskravet.

Det finns också flerskiktsglas av typ gjutlamell, där själva lamellsiktet styvnar men inte direkt sväller eller skummar upp vid brand. Detta skikts isolerande förmåga räcker då inte till för att glastypen ska klara brandteknisk klass EI. Glaset håller tätt mot flammor och brandgaser och blir något bättre isolerande än ett enkelt vanligt glas och klarar klass EW.

För att verkligen säkerställa tätheten bör alla brandskyddsglas, som inte under brandförloppet bildar ett styvt skikt eller inte har förhöjd mjukningstemperatur, vara ordentligt fastspända i ramkonstruktionen när det börjar brinna. Dessa glas kommer annars, när de mjuknar, sjunka ned och ur den övre glasfalsen. På så sätt kan det bli fri passage för lågor, brandgaser och rök mellan glas och ram.

Råd

- De krav som ställs på brandskyddsglas bör vara noga genomtänkta. Ibland finns det möjligheter att med tekniska byten, tex installation av vattensprinkler, och dimensionering mildra brandskyddskraven och ändå ha bibehållen brandsäkerhet.
- Brandskyddsglas och partier bör vara typgodkända eller P-märkta och monterade av MTK-auktoriserat företag, se vidare sid 91.



Energihushållning och värmeisolering **48** Komfort – Vinter **54** Komfort – Solskydd **56**

Energi, miljö och hälsa



Kondens 66 Ljus 70 Bullerskydd 74

Energihushållning och värmeisolering

Glas i sig har en mycket dålig värmeisolerande förmåga. För att klara krav på god värmeisolering och energihushållning byggs glaskonstruktioner normalt upp av isolerande skikt med lågemitterande glasskivor.

Vad säger byggreglerna?

9:1 ALLMÄNT

- Byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning.

AVSNITT 9.2 BEHANDLAR BOSTÄDER OCH AVSNITT 9.3 LOKALER

- För bostäder gäller att specifik årlig energiförbrukning får vara max 110 kWh/m² golvarea (Atemp) för klimatzon söder och 130 kWh/m² för klimatzon norr.
- För en- och tvåfamiljhus med direkt elvärme gäller istället de reducerade värdena 75 kWh/m² (söder) resp 95 kWh/m² (norr).
- För lokaler gäller att specifik årlig energiförbrukning får vara max 100 kWh/m² golvarea (Atemp) för klimatzon söder och 120 kWh/m² för klimatzon norr. För lokaler med större uteluftflöde än 0,35 l/s, m² golvarea får ett tillägg göras efter en i BBR redovisad formel.
- Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m) får för de delar som omsluter byggnaden (A_{om}) inte överskrida U_m 0,50 W/m²K för bostäder och U_m 0,70 W/m²K för lokaler.

Kommentar

Krav på genomsnittlig U_m innebär i praktiken en begränsning av max acceptabel area för glasade konstruktioner ex fönster eller glaspartier då dessa regelmässigt har högre U-värde än U_m medan övriga byggnadsdelar väggar, tak och golv kan ha avsevärt lägre U-värde än U_m. Byggnads form och U-värde på ingående byggnadsdelar blir avgörande för hur stor andel av ytterväggar som kan utgöras av glasad konstruktion. En hög byggnad kan ha mindre glasandel än en motsvarande lägre byggnad då golv och tak där får en större andel av omslutningsarean A_{om}.

Exempel 1. Byggnad med längd 25 m bredd 12 m höjd 18 m, 6 våningar med 2,7 m rumshöjd.

Exempel 2. Lika exempel 1 men hälften så hög 9 m med 3 våningar

Förutsättning U-värde byggnadsdelar: Golv 0,30 W/m²K, vägg 0,30 W/m²K, fönster 1,2 W/m²K och tak 0,15 W/m²K.

Exempel	A _{om} m ²	Bostäder		Lokaler	
		Max Fönsterarea, m ²	Fönsterandel av yttervägg i rum, %	Max Fönsterarea, m ²	Fönsterandel av yttervägg i rum, %
1	1932	ca 470	ca 40	ca 900	ca 75
2	1266	ca 330	ca 55	ca 600	ca 100

Ett högre U-värde för glasad konstruktion eller övriga byggdelar innebär att fönsterarea behöver reduceras medan ett lägre U-värde innebär att fönsterarea kan ökas med hänsyn till U_m krav.

Hur värmeisolerar glas

Glas värmekonduktivitet (ca 1,0 W/mK) är 25 gånger större än för tex isolermaterial (ca 0,04 W/mK). Dessutom har glas minimal tjocklek. Värmeisolering får man i stället genom att man bygger upp flera glasskivor (skikt) med inbördes avstånd, där värmeförluster från rum genom strålning, konvektion (strömning) och ledning (konduktivitet) kan reduceras.

SÅ MINSKAS STRÅLNINGSFÖRLUSTERNA

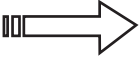
Strålningsförlusterna kan reduceras om glasytans emissivitetsfaktor minskas. Låg-emissionsglas är ett floatglas belagt med ett mycket tunt skikt av metall (oftast silver) eller metalloxid (tex tennoxid). Beläggningen släpper in solens kortvågiga energistrålning, medan den långvågiga rumsvärmestrålningen ($< 100^{\circ}\text{C}$) hindras från att lämna rummet.

Emissivitetsfaktorn beskriver glasets förmåga att utstråla och ta emot lågtemperaturstrålning. Vanligt, klart glas har hög emissivitet, ca 0,84¹⁴, medan de effektivaste låg-emissionsglasen har emissivitet på 0,03.

Glas med *metallbaserade LE-skikt* har en mjuk beläggning oftast bestående av flera skikt ("soft coating") som är repkänsliga och dessa glas kan därför endast användas i isolerrutor. Beläggningen placeras mot luftspalten. De vanligaste typerna är baserade på silver som har en stor färgneutralitet. Samtliga har mycket låg emissivitet, vanligen under 0,05.

De *metalloxidbelagda* glasen har en hård beläggning ("hard coating") och är minst lika reptåliga som obelagda glas. De kan därför användas som enkelglas, härdas, lamineras och behandlas som vanligt floatglas. Beläggningen består av tennoxid och tillverkas genom sprayning av en tennsaltlösning mot den heta glasytan (sk pyrolys), vilket ger skikt med god kemisk och mekanisk resistens. Vanligen varierar emissiviteten för dessa typer av beläggning mellan 0,15 och 0,25.

14. Enligt SS-EN 673

Värmeöverföring		Påverkas av	Värmeövergång
	Strålning	Glasytans emissionstal. Motstående glas med ϵ 0,84	Vanligt floatglas ϵ 0,84, ca 4,4 W/m ² K Låg-emissionsglas ϵ 0,37, ca 2,0 W/m ² K Låg-emissionsglas ϵ 0,04, ca 0,2 W/m ² K
	Konvektion	Luftens eller gasens rörelsehastighet vid glasyta	Luftrörelse $< 0,20$ m/s, ca 3,6 W/m ² K Luftrörelse 3,4 m/s, ca 19 W/m ² K Luftrörelse 10 m/s, ca 45 W/m ² K
	Ledning	Värmeledningsförmåga i skiktet (konduktivitet)	Glas ca 1,0 W/mK Luft ca 0,025 W/mK Argon ca 0,017 W/mK

Tabell 8. Värmeisolering genom glas.

VÄRMEISOLERING GENOM KONVEKTION OCH LEDNING

Värmeöverföring genom konvektion och ledning i luftspalt mellan glasskivor har att göra med mediets temperatur, densitet, dynamisk viskositet, konduktivitet samt specifik värmekapacitet.

För att förbättra värmeisoleringen kan spalten i en isolerruta fyllas med en gas. Vanligen används ädelgaserna argon eller krypton som finns i och utvinns ur luft.

Argon är den gas som i särklass används mest pga dess rimliga kostnad. Andel argongas i luft är 0,93 %, medan andelen kryptongas i luft endast är 0,00011 %. Kostnaden att tillverka kryptongas är ca 10–20 gånger större än för argongas.

Bästa spaltbredd mellan glasskivor med hänsyn till värmeöverföring är för argon-gas respektive kryptongas följande:

Argongas	15–16 mm
Kryptongas	9–10 mm

Värmeisolering för glasad konstruktion

Värmeisolerande förmåga U_w bestäms enligt standarden SS-EN ISO 10077-1 där man tar hänsyn till den värmeisolerande förmågan hos

- ▶ glaset, U_g , W/m^2K
- ▶ ramen, U_f , W/m^2K (karmen och för öppningsbart fönster även bågen)
- ▶ distanslisten, Ψ_g , W/mK (interaktion mellan glas, distanslist och båge/karm, varför olika värden beroende på material i ramen)

enligt formeln:

$$U_w = (A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g) / (A_g + A_f)$$

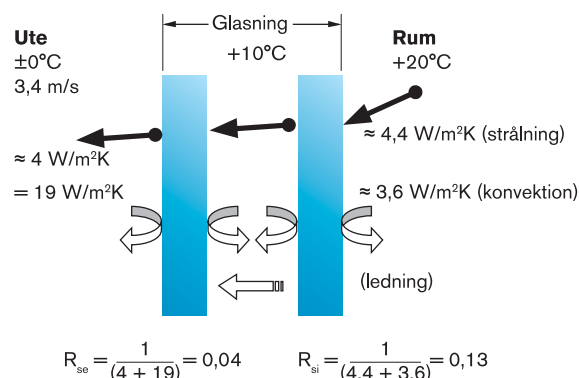
Där A_g = glasrutans area, m^2
 A_f = ramens area, m^2
 l_g = distanslistens längd, m

U_w -värde för glasad konstruktion redovisas enligt SS-EN ISO 10077-1 med två ”två signifikanta siffror”, d v s med ett heltal och en decimal i detta fall.

SS-EN ISO 10077-1 är en förenklad metod. För att bestämma U -värdet mer noggrant kan man använda beräkningsmetoden i SS-EN ISO 10077-2 eller göra laboratoriemätningar hos ackrediterade institut. För fasader, s k Curtain Wall, finns en särskild standard SS-EN 13947:2006.

Utveckling pågår av vakuumisolerade glas (s k VIG) bl a under ledning av Grenz-bach i Tyskland. VIG består av 2 st. 4 mm härdade LE-glas som sammanfogas med 0,7 mm spalt och med kanterna vakuumförslutna. Glasen hålls isär av små distanser i form av bollar eller cylindrar. Praktiskt når man idag ett U -värde på ca 0,5 W/m^2K , teoretiskt kan man komma ned till 0,2. Idag producerar man testprov på 818 × 905 mm men målet är att producera 1,5 × 2,0 m stora rutor för marknaden.

Bild 47. Förutsättningar för beräkning av värmeöverföring via strålning, konvektion och ledning.
 R_{se} = yttre värmeöverföringstal,
 R_{si} = inre värmeöverföringstal.



GLASET

Glasets U -värde bestäms som mittpunktsvärde, U_g , enligt standarden SS-EN 673 och är det värde som de olika glasleverantörerna redovisar i sina tabellverk.

I bild 47 visas förutsättningarna för hur man beräknar värmeöverföring från ett rum genom glasning till omgivning via strålning, konvektion och ledning (U_g -värde enligt SS-EN 673).

U_g (W/m ² K)	Glas 1	Glasavstånd	Glas 2	Glasavstånd	Glas 3
5,8	Float				
2,7 (2,6)	Float	15 luft (15 argon)	Float		
1,9 (1,8)	Float	12 luft (12 argon)	Float	12 luft (12 argon)	Float
1,4 (1,1)	Float	15 luft (15 argon)	LE		
1,3 (1,0)	Float	12 luft (12 argon)	Float	12 luft (12 argon)	LE
0,9 (0,7)	LE	12 luft (12 argon)	Float	12 luft (12 argon)	LE
Pågående forskning och utveckling, exempel					
< 0,5	Float	< 15 vakuum	LE		

Tabell 9. Exempel på U_g -värde för glastrutor. LE = Mjukbelagt lågmissionsglas ($\epsilon \leq 0,04$) med beläggning mot spalt. 90 % argon.

RAMEN

Ramen kan vara av trä, plast eller metall. U_f -värdet för dessa material varierar kraftigt beroende på hur effektivt köldbryggan bryts, speciellt för ramar av metall. För att minimera risken för kondens bör ett lågt värde på U_f eftersträvas.

Ram	Värmeisolering U_f , W/m ² K	Anmärkning
Trä	2,7–1,0	Beror på träsorten och ramens tjocklek
Metall utan bruten köldbrygga	5,9	
Metall med bruten köldbrygga	4,0–1,5	Beror på isoleringens utförande
Plast	2,5–1,4	Beror på isoleringens utförande

Tabell 10. Exempel på U_f hos några vanliga ramar enligt SS-EN ISO 10077-1. Det finns extrema varianter med U_f -värden ända ned mot 0,8.

DISTANSLISTEN

Längs sina kanter har traditionella isolerrutor distanslister tillverkade av aluminium eller förzinkat stål, vilka limmas mot glaset med hjälp av speciella förseglingsmassor. Dessa distansprofiler har sämre isolerande egenskaper än isolerrutan och utgör därför en köldbrygga som påverkar glaset ca 60 mm närmast glaskanten. Värmeläcket är störst vid distanslisten (hörnet) och avtar med avståndet från hörnet.

Numera finns alternativa isolerrutor där metallprofilen mellan glaset har ersatts

med en profil av termoplastiska material som inte leder värmen på samma sätt som en metallprofil. Denna typ av distanslist brukar kallas varm kant.

Enligt den tyska standarden DIN V 4108-4 krävs för att en distanslist ska inordnas under begreppet varm kant att:

$$d \times \lambda \leq 0,007$$

där d = total godstjocklek, som leder värme, hos distanslisten (m)
 λ = värmeledningstal för materialet i listen ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Material	Godstjocklek (mm)	λ (W/mK)	Formel	Svar	Varm kant
Aluminium	0,4	210	$2 \times 0,4 \times 10^{-3} \times 210$	0,168	Nej
Förzinkat stål	0,4	50	$2 \times 0,4 \times 10^{-3} \times 50$	0,04	Nej
Rostfritt stål	0,18	15	$2 \times 0,18 \times 10^{-3} \times 15$	0,0054	Ja

Tabell 11. Exempel på beräkning av om distanslist kan betraktas som s k "varm kant".

Exempel på Ψ_g finns i bilaga E till SS-EN ISO 10077-1:2000.

I en skrift från Svensk Planglasförening (Växjö 2004-04-07/TG/LK) återfinns exempel på varm kant.

FÖNSTRETS TEORETISKA U-VÄRDE

Exempel:

För ett metallfönster som är 1 m brett och 2 m högt med:

$$\text{Glas } U_g = 1,0, A_g = 1,65$$

$$60 \text{ mm ram, } U_f = 2,0, A_f = 0,35$$

$$\text{distanslist, aluminium } \Psi_g = 0,108 \text{ resp-varm kant } \Psi_g = 0,053, l_g = 6$$

$$\text{Blir } U_w = 1,0 \times 1,65 + 2,0 \times 0,35 + 0,108 \times 6 / 1,65 + 0,35 = 1,5 \text{ resp } 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

dvs den totala isolerande förmågan U_w är betydligt sämre än mittpunktsvärdet U_g .

Teoretiskt U_w -värde för glasning (SS-EN ISO 10077-1) bör användas som ingångsvärde vid beräkningar av *energiebehov*.

DIMENSIONERANDE U-VÄRDE

Det teoretiska U-värdet räcker inte för dimensionering av en byggnads värmeanläggning. Hänsyn måste även tas till bl a fönstrets lutning, temperatur ute/inne, vindpåverkan, strålning mot klar himmel, solinstrålning samt arbetsutförande, dvs hur springor och spalter ser ut vid anslutningar.

Bild 48 visar U-värde för två glasningar vid varierande utetemperatur och lutning.

1. Tvåglaskonstruktion, U_g 1,1 $\text{W/m}^2\text{K}$, varierar U_g mellan 1,1 och 1,4 för vertikalt glas och 1,7 och 2,0 för horisontellt glas beroende på utetemperatur.
2. Treglaskonstruktion, U_g 0,7 $\text{W/m}^2\text{K}$, har konstant U_g 0,7 för vertikalt glas och varierande mellan 0,7 och 1,1 för horisontellt glas beroende på utetemperatur.

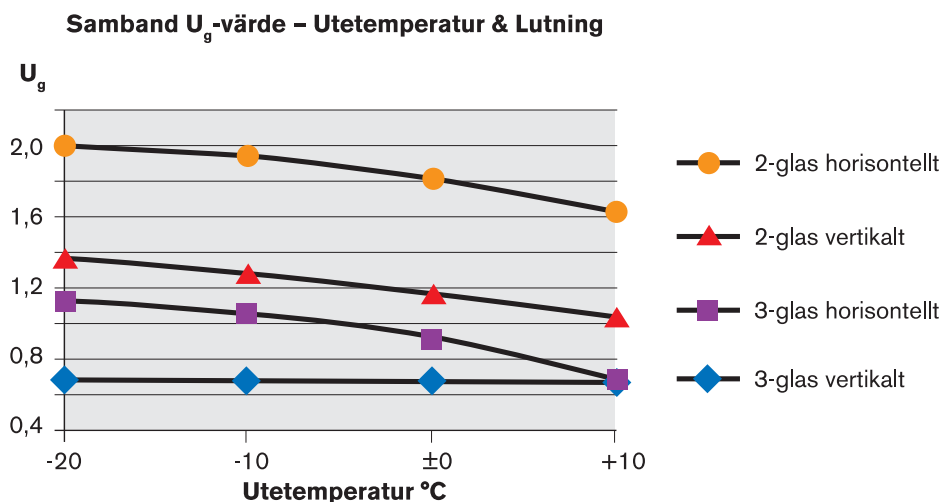


Bild 48. Samband mellan U_g och utetemperatur samt lutning.

För en vertikal treglaskonstruktion har lutning och utetemperatur betydligt mindre påverkan än för en tvåglaskonstruktion, vilket tydligt framgår av diagrammet.

Vid dimensionering av *effektbehov* för värmeanläggningar bör U -värde användas som är relevant vid lägsta utetemperatur.

Nedan visas ett beräkningsexempel för dimensionerande U -värde för vertikalt respektive horisontellt fönster vid -20°C utetemperatur med lika glasning och utförande som exempel i avsnittet innan om fönstrets teoriska U -värde.

För *vertikalt tvåglASFönster*:

blir $U_w = (1,4 \times 1,65 + 2,0 \times 0,35 + 0,108 \times 6) / (1,65 + 0,35) = 1,8 \text{ resp } 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

För *horisontellt tvåglASFönster*:

blir $U_w = (2,0 \times 1,65 + 2,0 \times 0,35 + 0,108 \times 6) / (1,65 + 0,35) = 2,3 \text{ resp } 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

För *vertikalt treglASFönster*:

blir $U_w = (0,7 \times 1,65 + 2,0 \times 0,35 + 0,111 \times 6) / (1,65 + 0,35) = 1,3 \text{ resp } 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

För *horisontellt treglASFönster*:

blir $U_w = (1,1 \times 1,65 + 2,0 \times 0,35 + 0,111 \times 6) / (1,65 + 0,35) = 1,6 \text{ resp } 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ofta monteras ett fönster in i ett hål i fasaden. Då måste även fogen mellan fönstret och väggen beaktas. Denna fog ska vara av typen trestegstätning för att garantera funktion över lång tid. Fogen ska ha en slagregns- och vindtät utsida, en bra värmeisolering och en ångspärr på insidan.

Råd

- Det är synnerligen viktigt att beakta glaskonstruktionens dimensionerande U -värde vid bestämning av värmeanläggningens effektbehov.
- Utforma fogen mellan fönster och fasad med en tvåstegstätning.

Komfort – vinter

Den temperatur vi upplever är en kombination av lufttemperaturen, omgivande ytors temperatur och luft rörelser. För att klara komfortkrav vintertid får inte glasytan hålla för låg temperatur.

Vad säger byggreglerna?

6:41 TERMISKT RUMSKLIMAT

Byggnader och deras installationer ska utformas, så att termisk komfort som är anpassad till utrymmenas avsedda användning kan erhållas vid normala driftsförhållanden.

Texten i råden anger att kraven uppfylls om följande värden upprätthålls i vistelsezonen vid dimensionerande vinterutetemperatur för

- riktad operativ temperatur om minimum $+18-20^{\circ}\text{C}$ beroende på verksamhet och maximum $+26^{\circ}\text{C}$, beroende på verksamhet
- lufthastighet om maximum 0,15 m/s under uppvärmningssäsongen och 0,25 m/s under övrig tid på året.

Yttemperatur på glas

Den riktade operativa temperaturen och differensen i olika punkter i rummet påverkas förutom av storleken och U-värdet på fönstren, även av värmetillförseln i rummet och övriga ytors temperaturer.

- ▶ Låg yttemperatur på en glastruta kan innebära obehag för närasittande personer i form av sk ”kallstrålning” från naken hud.
- ▶ Kallras från fönster kan orsaka dragproblem (lufthastighet $>0,15$ m/s).

För att inte få problem med det termiska rumsklimatet är det viktigt att den inre glasytan av en glasad konstruktion har tillräckligt hög temperatur. Hur hög temperatur som behövs är avhängigt glastrutans area och höjd samt hur nära stillasittande personer vistas glastrutan.

- ▶ Yttemperatur på den inre glasytan står i relation till temperaturskillnad inne-ute samt U-värdet.
- ▶ Kallras från en glastruta står i relation till glastrutans höjd och temperaturskillnad mellan dess yta och rumsluft.

Under normala förhållanden undviks kallstrålning mot glastrutor då glastrutan har U-värde som inte ger kallras.

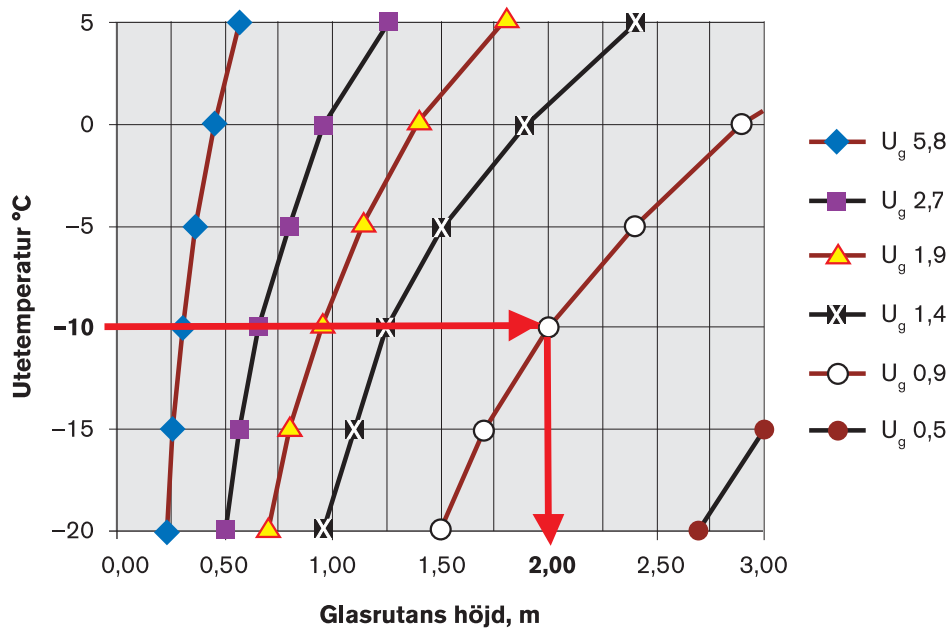


Bild 49. Bestämning av en kritisk utetemperatur i vistelsezon för kallras i förhållande till glasrutans U-värde och höjd vid en rumstemperatur om +22°C.

Utetemperaturen kan sättas till exempelvis följande värden för olika delar av Sverige:

- ▶ Södra Sverige -5°C
- ▶ Mellansverige -10°C
- ▶ Norra Sverige -20°C

Enligt diagrammet kan således en glasruta i Stockholm med $U_g 0,9$ utföras 2 m hög med hänsyn till kallras och kallstrålning. Vid högre glasrutor behövs kallrasskydd, tex från radiator.

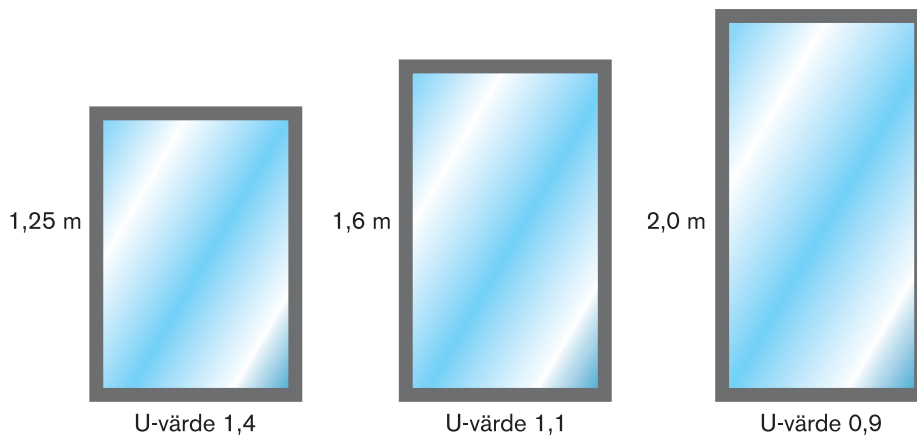


Bild 50. Exempel på tillämpning av diagram i bild 49.

Råd

- Beräkna **riktad** operativ temperatur och bedöm om kallrasskydd behövs. För en överslagsberäkning kan diagrammet ovan användas.
- För tvåglaskonstruktioner bör diagrammet användas med försiktighet om utetemperaturen är $\leq 10^{\circ}\text{C}$. Då bör ett något högre U_g -värde användas enligt tabell i avsnitt Fönstrets dimensionerande U-värde.

Komfort – solskydd

För att inte få problem med det termiska rumsklimatet är det viktigt att erforderligt solskydd för solutsatta glasade konstruktioner säkerställs. Solskyddet kan antingen finnas i glaset eller vara en kombination av glas och annat skydd.



*Bild 51. British Museum.
Arkitekt Norman Foster.*

Vad säger byggreglerna?

6:41 TERMISKT RUMSKLIMAT

Byggnader och deras installationer ska utformas, så att termisk komfort som är anpassad till utrymmenas avsedda användning kan erhållas vid normala driftsförhållanden.

Kommentar

BBR ställer inga krav på vad som är maximalt acceptabla temperaturer eller tillfredsställande termiskt klimat under soliga och varma perioder. Däremot redovisar Allmänna råd från Socialstyrelsen SOSFS 2005:15 "Temperatur inomhus" mätbara värden då "olägenhet för människors hälsa" enligt 9 kap. 3 § miljöbalken kan föreligga.

Solenergi

Solenergi omfattar ett brett våglängdsområde: Kortvågig UV-strålning (280–380 nm), synligt ljus (380–780 nm) och infraröd strålning (780–2500 nm). Standard SS- EN 410 definierar fördelning på respektive våglängd. Av den totala solenergin är ca 4 % UV-strålning och ca 55 % synligt ljus.

Solenergi som tillförs genom atmosfären en klar dag, mätt vinkelrätt mot solen, har en effekt av 800–1000 W/m². Hur stor effekt som strålar mot en glasyta beror på solstrålarnas orientering och lutning samt på solhöjd, infallsvinkel och reflektion från omgivning och mark.

En högre solhöjd innebär att infallsvinkeln mot solen blir mindre varvid solstrålning mot en vertikal glasyta reduceras jämfört med en lägre solhöjd. Detta innebär att söderorienterade fönster är mest utsatta för sol under vår (april i tabell 12) och höst (september i tabell 12) då solhöjden är lägre. Öst- och västorienterade fönster är mest utsatta sommartid (juni i tabell 12).

Orientering	April	Juni	September
Öster 90°	730 (3,5)	750 (4,6)	600 (2,5)
Söder 180°	770 (5,0)	600 (3,9)	770 (5,0)
Väster 270°	730 (3,5)	750 (4,6)	600 (2,5)
Norr 0°	40 (0,4)	225 (1,6)	30 (0,3)

Tabell 12. Solenergistrålning i Stockholm mot en vertikal 1 m² stor glasyta en klar dag vid normal markreflektion 20 %. Solenergi max effekt per timme (W) och inom parentes solenergi per dygn (kWh).

Solfaktor

Total andel solenergi som tillförs ett rum vinkelrätt genom glasning kallas *solfaktor* och betecknas vanligen med g. Solfaktor består av direkt transmission av solenergi (ST) samt sekundär värmetillförsel från inre solvärmd glastruta. Sekundär solenergi tillförs genom värmestrålning och konvektion.

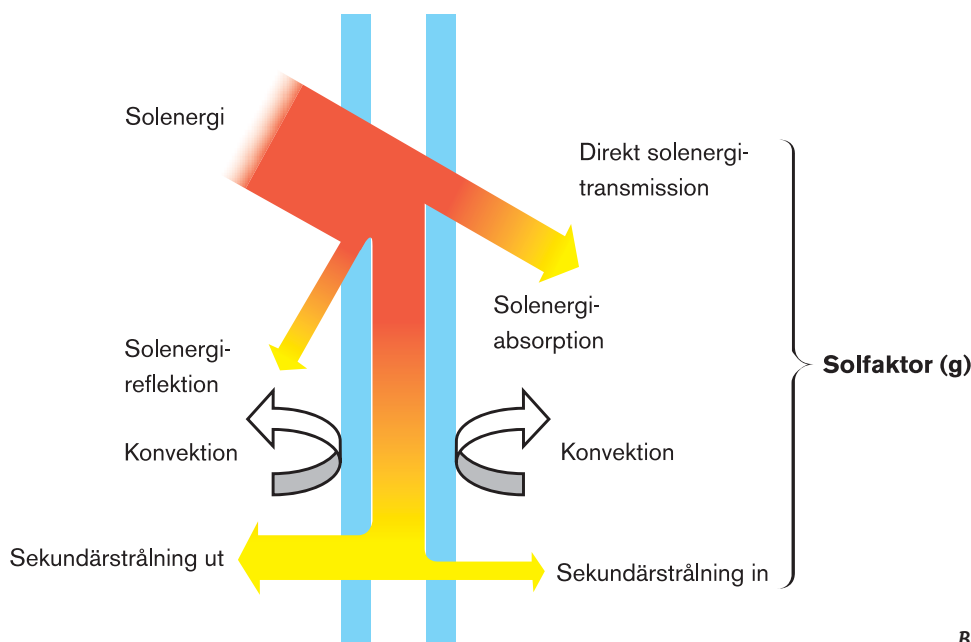


Bild 52. Solfaktor.

Hur mycket solenergi kan tillföras ett rum

En sådan beräkning kan göras och simuleras med olika förekommande klimatberäkningsprogram, t ex IDA, eller enklare beräkningsprogram, t ex ParaSol som tillhandahålls från Solskyddsförbundet.

För överslagsberäkning kan acceptabel solenergi till rum relateras till en transmissionsfaktor (T_f) för yttervägg i rum. Om det är känt hur stor glasandelen är av yttervägg kan erforderligt solskydd för glasning beräknas med följande riktvärden i tabell 13.

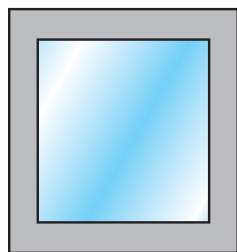
Tabell 13. Exempel på T_f -värden vid fasadorientering Öst-Syd-Väst.

	T_f
Bostäder med enkelsidiga lägenheter	$\leq 0,06$
Bostäder med genomgående lägenheter	$\leq 0,08$
Kontorsarbetsplatser	$\leq 0,09$
Lärosalar i skolor	$\leq 0,10$

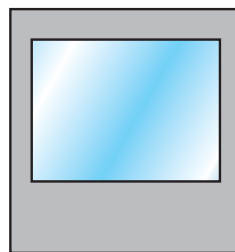
Värden för transmissionsfaktor gäller för normala rum och byggteknik. Värdena kan ökas vid ex;

- ▶ extra stort rumsdjup ($> 1,5 \times$ rumshöjd)
- ▶ rumshöjd $> 2,7$ m
- ▶ stor andel synlig ”tung konstruktion”
- ▶ klimatanläggning med hög kyleffekt

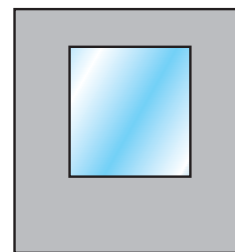
Bild 53. Exempel på erforderlig solfaktor vid olika glasareor i rum för kontor ($T_f \leq 0,09$). Källa ACC Glasrådgivare.



Glasandel av vägg 75%
 $g \leq 0,12$
 $(0,09/0,75 = 0,12)$



Glasandel av vägg 50%
 $g \leq 0,18$
 $(0,09/0,50 = 0,18)$



Glasandel av vägg 25%
 $g \leq 0,36$
 $(0,09/0,25 = 0,36)$

För att klara dessa låga värden på g behöver glas ofta kompletteras med annat solskydd. Se avsnitt kompletterande solskydd.

Solskyddsglas

Solskyddsglas syftar till att minska obehag av bländning, strålningsvärme och övertemperaturer inomhus. Solskyddsglasen kan indelas i fyra huvudtyper:

1. Genomfärgade solskyddsglas där solskyddet ökar med ökande tjocklek.
2. Hårdbelagda solskyddsglas som har solskyddsbeläggning och ibland även är genomfärgade.
3. Mjukbelagda solskyddsglas som har solskyddsbeläggning.
4. Mjukbelagda solskyddsglas som fungerar både som solskydd och även har lågemis-siva egenskaper.



Bild 54. Ballingsnässkolan, Huddinge, med färgat screentryck på glas i fasad.

Den fjärde typen av glas har blivit mycket vanliga. De kan i sin tur delas in i tre grupper beroende på storleken på solfaktorn g , se tabell 14.

Glastyp	2-glas				3-glas			
	Ug W/m ² K	Solfaktor g	Transmission av synligt ljus LT %	Reflektion av synligt ljus LR %	Ug W/m ² K	Solfaktor g	Transmission av synligt ljus LT %	Reflektion av synligt ljus LR %
Vanliga isolerrutor								
Klar float	2,8	0,76	82	15	1,9	0,66	72	20
Energiglas	1,1	0,61	78	14	0,7	0,50	71	18
Solskyddsglas typ 4								
Grupp 1	1,1	0,42	70	10	0,7	0,39	62	15
Grupp 2	1,1	0,35	60	15	0,7	0,32	55	18
Grupp 3	1,1	0,28	50	18	0,7	0,25	44	20
Grupp 4	1,1	0,24	40	20	0,7	0,21	35	20
Grupp 5	1,1	0,19	30	25	0,7	0,17	27	25

Låga värden på solfaktorn innebär att glaset ofta får en mer eller mindre framträdande färgton vilken också varierar mellan olika leverantörer. Solskyddsglas med låg solfaktor bör man därför studera med prover från aktuell leverantör, helst i fullskala, innan man väljer, så att resultatet inte blir en överraskning både för arkitekt och byggherre.

Tabell 14. En jämförelse mellan vanliga isolerrutor och olika solskyddsglas typ 4. Treglas isolerrutor har lågemissiv beläggning på ett glas mot respektive luftspalt. Luftspalt är fylld med argon.

FÖRBÄTTRAT SOLSKYDD PÅ GLAS

En numera inte ovanlig åtgärd för att förbättra solskydd i glas är att trycka ett mönster på det yttre glaset. Trycket kan utföras som digitalt tryck eller sk screentryck. Trycket bör vara skyddat i lamell eller mot luftspalt i isolerrutan och kan utföras med olika kulör, mönster och täthet.

Vanligt tryck har en ljus kulör och en solenergitransmission (ST) mellan 12 och 25 %.

Trycket utförs enklast på vanligt klart glas eller genomfärgat solskyddsglas. Möjligheter finns att öka effekten genom att trycka på solskyddsglas i grupp 1–2. Se tabell 14.

Med ca 80 % tryckt yta på ett glas i grupp 2 reduceras g till ca 0,15 och LT till ca 20 %.

Ett utmärkt exempel på screentryckt glas i tak är glastaket över den stora gården på British Museum i London, bild 51 sid 56. Det yttre glaset är där ett 10 mm genomfärgat grönt solskyddsglas, tryckt med prickar på ca 60 % av arean och med g ca 0,22.

En annan möjlighet är att applicera en solskyddsfilm på befintligt glas. Helst bör den sitta skyddat.

Kompletterande solskydd

Normalt behövs ett kompletterande solskydd till glas som ibland även kan säkerställa ljusskydd, se avsnitt Ljus. Detta skydd kan antingen vara fast eller rörligt. Alla typer av solskydd har begränsningar samt för- och nackdelar.

För att välja lämplig typ av glas och kompletterande solskydd behövs förutom data för byggnaden och dess klimatskal även uppgifter för såväl ort, orientering, omgivning, solstrålning under året samt verksamhetstider. Tider då solskydd behövs och till vilken omfattning kan då beräknas.

Sverige är ett avlångt land som sträcker sig från nordlig latitud ca 56° till 68°. Teoretiskt antal soltimmar är relativt lika under året och är totalt för södra delen 4 480 och den nordligaste ca 4 600.

Verklig observerad solskenstid varierar mellan ca 1 600 till 2 200 timmar per år för olika delar. Längst solskenstid har normalt områden nära kusterna. Den nordligaste delen har under maj–juli långa ljusa perioder och lägre solhöjder, kanske hela dygnet medan för sydliga delar är den ljusa perioden då kortare och solhöjd högre. Detta innebär olika förutsättningar för val av solskydd.

FASTA SOLSKYDD

För att välja rätt typ av fast utvändigt solskydd och utförande är solhöjder under dimensionerande perioder en väsentlig parameter.

Solhöjder varierar kraftigt under året beroende av ors läge och årstid. Tabell 15 redovisar solhöjd för sann soltid kl 08/12/16 för den 15:e april, juni och september för longitud ca 18° öst vid olika latituder. För översättning till sommartid lägg till 1 timme (09/13/17).

Latitud	Solhöjd			Ex närliggande ort
	April	Juni	September	
56°	26°/43°/23°	37°/57°/34°	21°/36°/16°	Kristianstad
60°	24°/40°/22°	36°/53°/33°	18°/32°/15°	Uppsala
64°	23°/35°/20°	35°/49°/32°	17°/28°/13°	Umeå
68°	21°/31°/19°	33°/45°/31°	14°/24°/12°	Kiruna

Tabell 15. Solhöjder.

Som framgår av tabell 15 varierar solhöjd avsevärt. Fasta solskydd fungerar bäst vid hög solhöjd då dessa, utan att vara för stora, effektivt kan skydda partier för solstrålning. För söderorienterade delar används oftast horisontella skydd medan för öst- och västorienterade partier behöver solskydden vara lutande eller vertikala. De tre klockslagen har valts då dessa också nära sammanfaller med störst solenergiinstrålning mot en öst, syd respektive västorienterad vertikal yta.

Fasta solskydd kan vara helt avskärmande eller mer eller mindre transparenta. Ibland används även glas som fast solskydd. Då används oftast laminerade glas antingen med genomfärgade solskyddsglas eller med screentryckta delar.

Fasta solskydd dimensioneras numera med speciella datorprogram där funktion och utformning kan optimeras och resultatet även visualiseras med skuggor etc.

RÖRLIGA SOLSKYDD

Rörliga solskydd indelas i tre typer beroende av placering:

- ▶ Utvändiga
- ▶ Mellanglas
- ▶ Invändiga

Det rörliga solskyddets effektivitet brukar betecknas med faktor F_c .

Det totala solskyddet för glasning inklusive solskydd betecknas med g_{tot} och fås genom att multiplicera g med F_c

$$g_{tot} = g \times F_c$$

g_{tot} = direkt primär energitransmission genom glas och solskydd + sekundär energitransmission till rum från glas och solskydd.

F_c för rörliga solskydd varierar för:

- ▶ Utvändiga ca 0,10–0,50
- ▶ Mellanglas ca 0,20–0,70
- ▶ Invändiga ca 0,40–0,90

Parametrar som förbättrar rörliga solskydd (↑) eller försämrar (↓) framgår av tabell 16.

Parameter	Utvändiga	Mellanglas	Invändiga
g för glas ↓	↑	↓ alt ↑ ¹⁵	↑
U_g -värde glas ↓	↓	↓ alt ↑ ¹⁵	↑
Energireflekktion solskydd ↓	↓	↓	↓
Direkt energitransmission solskydd ↓	↓	↓	↓
Ventilation vid solskydd ↓	↑	↓	↓ alt ↑ ¹⁶

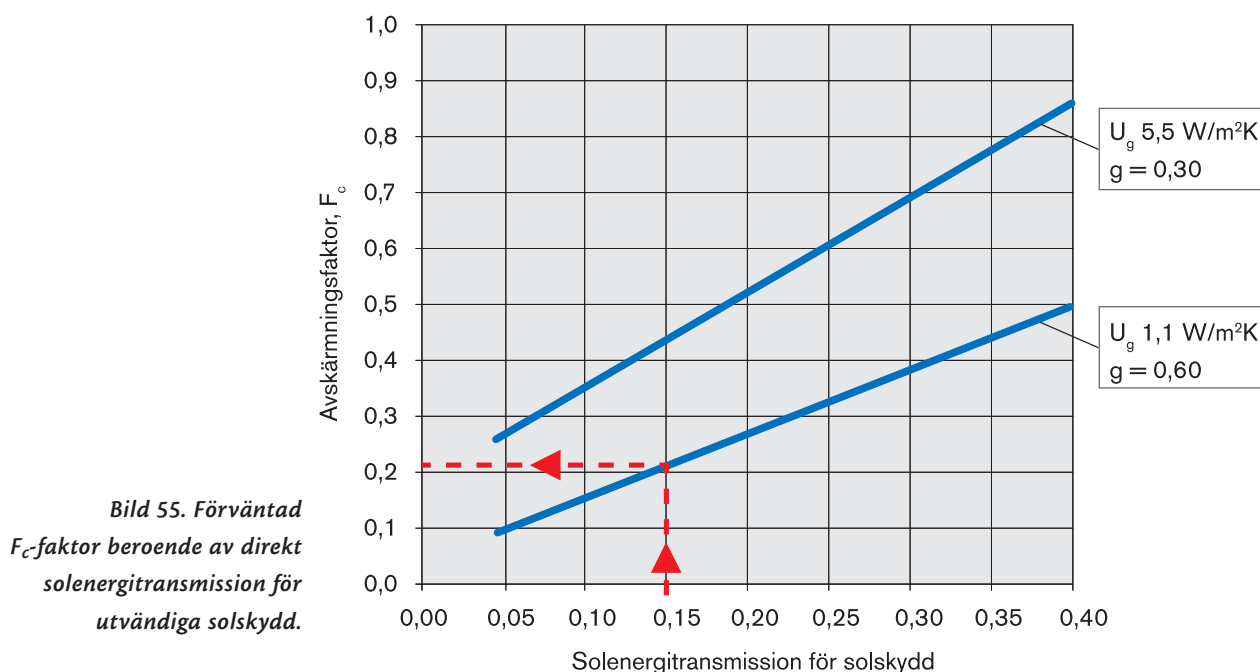
Tabell 16. Parametrar som förbättrar effektivitet F_c för rörliga solskydd (↑) eller försämrar (↓).

15. Lägre värde gäller glas innanför solskydd. Högre värde gäller glas utanför solskydd.

16. Lägre värde om ventilationsluft mellan solskydd & glas bortförs. Högre värde om ventilationsluft tillförs rum.

UTVÄNDIGA SOLSKYDD

Utvändiga solskydd är oftast effektivast. Bild 55 visar förväntad F_c -faktor beroende av direkt solenergitransmission genom solskydd för några alternativa glasningar.



Exempel: Screenväv med solenergitransmission 0,15, glasning $U_g=1,1$, $g=0,60$ innebär F_c ca 0,20 och g_{tot} 0,12.

MELLANGLASSOLSKYDD

En stor fördel med mellanglassolskydd är att dessa sitter skyddade för direkt påverkan av yttre klimat. En nackdel kan vara att solskyddet blir inbyggt eller att konstruktionen måste byggas upp med ett yttre och ett inre skal som solskyddet placeras mellan.

Den enklaste formen är det kopplade fönstret med en yttre och en inre båge. I den yttre bågen placeras ett enkelt glas och i den inre oftast en två-glas isolerruta.

Den mest avancerade formen är en sk dubbelskalfasad med ventilerad luftspalt där solskyddet kyls av uteluft varvid F_c -värdet reduceras.

Då solskydd placeras i konstruktionen kan detta orsaka höga temperaturer. Tabell 17 visar exempel på beräknad temperatur på glasskivor och solskydd för alternativa glasningar med klara glas och solskydd.

Förutsättning: Solenergistralning mot yttre glas 800 W/m^2 , vind 1 m/s , direkt energitransmission solskydd 0,10. Utetemperatur $+30^\circ\text{C}$ och rum $+25^\circ\text{C}$. Ingen nämnvärd ventilation av luftspalt.

Yttre glas	Solskyddets energireflekktion	Inre glasning	Temperatur				g _{tot}
			Yttre glas	Solskydd	Glas 2	Glas 3	
Klar float	0,40	Klar float	45°C	66°C	45°C		0,32
Klar float	0,60	Klar float	41°C	53°C	39°C		0,26
Klar float	0,40	D4-12 U _g 2,7	47°C	73°C	59°C	41°C	0,27
Klar float	0,60	D4-12 U _g 2,7	43°C	57°C	49°C	36°C	0,22
Klar float	0,40	D4-15 U _g 1,1	50°C	83°C	75°C	36°C	0,19
Klar float	0,60	D4-15 U _g 1,1	44°C	65°C	60°C	33°C	0,16
Hårdbelagt LE-glas	0,40	D4-15 U _g 1,1	51°C	97°C	87°C	39°C	0,21
Hårdbelagt LE-glas	0,60	D4-15 U _g 1,1	48°C	78°C	71°C	35°C	0,17

Skillnad i temperatur och g-värde skiljer sig avsevärt beroende på kombination. Ett K-glas, hårdbelagt klart lågemissionsglas, som yttre glas får avsevärda negativa konsekvenser genom högre glastemperatur och g_{tot}.

Glastemperaturer på glas ca $\geq +60^{\circ}\text{C}$ innebär att risk finns för termiskt bräckage av glas. Man bör då överväga att värmeförstärka eller härda glaset med hänsyn till att temperaturskillnaden över glasytan då kan förväntas bli över 40 K. Se avsnitt Glas/Egenskaper/Hållfasthet.

Mellanglassolskydd med stor energireflekktion är en förutsättning för låg total solfaktor samt för begränsning av höga temperaturer mitt på glaset.

INVÄNDIGA SOLSKYDD

En stor fördel med invändiga solskydd är att dessa sitter skyddade. Invändiga solskydd används ofta även som ljusskydd för att reglera ljuset och undvika bländning m.m.

Nackdelen är att effektiviteten på invändiga solskydd är begränsad, speciellt vid effektiva solskyddsglas typ 2 och 3, och att en stor andel av solenergin (ca 50 %) tillförs direkt som konvektiv värme. Invändiga solskydd kan också anta hög temperatur och avge oönskad strålningsvärme till närsittande personer.

En avsevärd andel av total tillförd solenergi är den konvektiva varmluftsström som bildas mellan glas och solskydd. Om denna luftström kan avledas direkt utan att tillföras rummet ökar solskyddets effektivitet högst avsevärt, förutsatt att ventilationsflödet är tillräckligt stort.

Bild 57 visar förväntad F_c-faktor beroende av energireflekktion för solskydd för några alternativa glasningar, förutsatt direkt solenergitransmission genom solskydd 0,10.

Tabell 17. Exempel på beräknad temperatur på glasskivor och solskydd för alternativa glasningar med klara glas och solskydd.



Bild 56. Screentryckt glas.

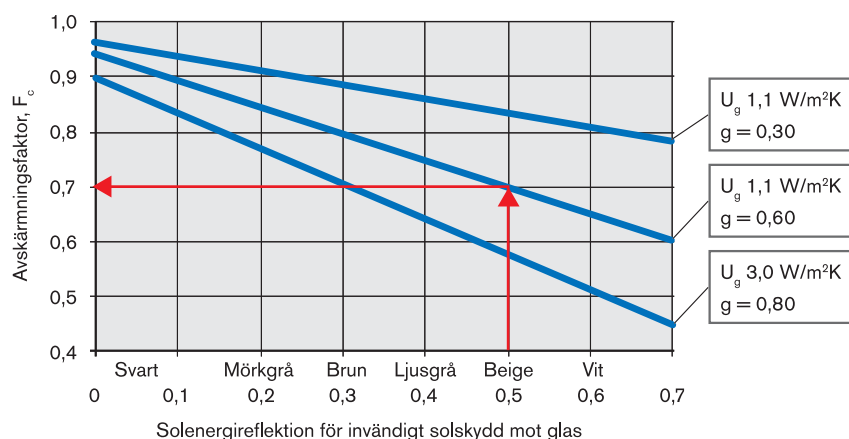


Bild 57. Förväntad F_c -faktor för invändiga solskydd beroende av energireflekation för solskydd.

Exempel: Screenväv med energireflekation 0,50, glasning $U_g=1,1$ $g=0,60$ innebär F_c ca 0,70 och g tot 0,42.

Råd

- Problem med det termiska rumsklimatet har blivit allt vanligare i takt med att andelen glasytor i tak och fasader har ökat och därmed de solutsatta glasade konstruktionerna. För att undgå dessa problem är det nödvändigt att göra en ordentlig analys och beräkning av det termiska klimatet och minimera risken för att icke acceptabla övertemperaturer uppstår.
- För att snabbt få ett översiktligt riktvärde för behov av solskydd kan man via tabell för transmissionsfaktor och aktuell nettoglasarea i fasad beräkna lämpligt värde på g .
- Solskyddsglas med låg solfaktor bör man studera med prover från aktuell leverantör, helst i fullskala, innan man väljer, så att resultatet inte blir en överraskning både för arkitekt och byggherre.
- Utvändiga rörliga solskydd kan inte nyttjas under hela året då de är utsatta för yttre klimat i form av vind, fukt och frost. Där utvändiga rörliga solskydd är extra utsatta för vind exempelvis höga byggnader (>8 våningar), tak mm bör andra typer av solskydd väljas.
- Då utvändiga solskydd kan betraktas som ett segel är dess yta också en viktig parameter, med tanke på dess hållbarhet och goda funktion.
- Utvändiga solskydd med stor area och eller utsatta för vind bör alltid utföras med automatisk styrning.
- Mellanglassolskydd är ett effektivt solskydd i kombination med energieffektiva glasningar med lågt U-värde. En förutsättning för att dessa ska fungera väl är att solskyddet har stor energireflekation utåt. För att undvika kostsamma termiska bräckage bör temperaturer på glas beräknas och glas vid behov exempelvis härddas. Solskyddsglas som yttre glas i inre isolerruta kan accentuera risk för termiskt bräckage.
- Att använda hårdbelagt LE-glas i ytterbåge vid 1+2 fönster innebär högre glastemperaturer soliga perioder och sämre solskydd än klar float (se tabell 17).
- Säkerställ vid invändiga solskydd hög energireflekation på dess utsida och ljustransmission så att skyddet även fungerar som ljusskydd. Säkerställ att invändig yta inte orsakar bländning. En viss genomsiktighet (öppenhetsfaktor 3 till 8 %) uppskattas ofta, tex perforerade persiennlameller eller sk screenvävar.

Kondens

Kondens på glas är en företeelse sannolikt lika gammal som glaset självt. Uppkomst av kondens har genom åren förändrats genom att de glasade konstruktionerna har blivit allt bättre isolerade. Kondens bildas på en yta om temperaturen där är lägre än luftens så kallade daggpunkt.



Bild 58. Kondens.

Vad säger byggreglerna?

6:5 FUKT

Byggnader ska utformas så att **fukt inte orsakar** skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter **och mikrobiell tillväxt** som kan påverka människors hälsa.

Kondens

Kondens på eller i glasade konstruktioner kan uppkomma:

1. Invändigt
2. Inuti konstruktionen eller mellan glas
3. Utvändigt

Den kondens som uppstår på dessa tre ställen har olika orsaker:

Invändig kondens orsakas normalt av dålig värmeisolering och/eller hög relativ luftfuktighet i rumsluften.

Kondens inuti en konstruktion kan bero på att den glasade konstruktionen har konstruktions- eller utförandefel eller att ventilationssystemet orsakar stort övertryck som gör att varm och fuktig rumsluft trycks ut i den kalla konstruktionen. Då bildas kondens på kalla ytor, t ex på insidan av den yttre glasrutan.

Utvändig kondens bildas om den glasade konstruktionen släpper ut så lite värme att det yttre glasets yttemperatur blir lägre än uteluftens daggpunkt.

INVÄNDIG KONDENS PÅ GLAS

På gamla enkelglasfönster var det mycket vanligt med invändig kondens vintertid. Med flerskiktsskonstruktioner har invändig kondensutfällning reducerats högst avsevärt.

Invändig kondens på två- och treglasfönster bildas när rumsluften är kallare, t ex i ett nedre hörn där värme från radiator inte tillförs eller där en oisolerad distanslist för isolerrutor skapar en köldbrygga (se kapitlet ”Energihushållning och värmeisolering”). Om yttemperaturen blir lägre än 0°C kan kondens övergå till rimfrost.

Verksamhet	Rum	Lufttemperatur (°C)	Relativ luftfuktighet (%)	Daggpunkt (°C)	Risk U _g -värde
Kontor	Arbetsrum	22	20	-1	≥ 5,0
Bostad	Vardagsrum	22	30	+4	≥ 4,0
	Sovrum	22	40	+8	≥ 3,0
	Badrum	24	50	+13	≥ 2,0
	Simhall	26	55	+17	≥ 1,5

Tabell 18. Kondensrisk. Exempel på daggpunkt för rumsluft och vid vilket U-värde kondens kan påräknas vid utetemperatur -10°C.

KONDENS INUTI GLASAD KONSTRUKTION ELLER MELLAN GLAS

Hos kopplade flerglaskonstruktioner kan kondens uppkomma mellan glasen av flera orsaker. Ett vanligt problem är att varm och fuktig rumsluft läcker ut från rummet och passerar i luftspalten mellan yttre och inre bäge. Kondens uppstår då på den yta i luftspalten som har lägst temperatur, d v s den yttre glasrutan.

Detta problem har ökat under senare år i och med att glaskonstruktioner blir mer välisolerade och luftspalten mellan det inre och det yttre glaset därmed får lägre temperatur vintertid. Att säkerställa att luftspalten får tillräcklig ventilation med uteluft är därmed en förutsättning för att undvika kondens.

En tumregel är att lufttätheten hos det inre skalet ska vara ca 5 gånger större än hos det yttre skalet. Fönstrets tätning mot rummet ska således vara mycket bra och övertryck i rummet undvikas, t ex genom felaktigt injusterad ventilation.

UTVÄNDIG KONDENS PÅ GLAS

Vid klart och lugnt väder i kombination med hög relativ luftfuktighet kan utväändig kondens uppstå på välisolerade glas vid stjärnklar himmel. Himmelstemperaturen kan då vara betydligt lägre (15–25 K) än uteluftens temperatur. Under hösten är risken för utväändig kondens som störst, eftersom uteluften då ofta har hög relativ luftfuktighet.

Bild 59. Ingen utvändig kondens under takfot eller i närheten av isolerrutans kanter p g a större värme-läckage. Isolerrutan har U_g ca $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Utvändig kondens räknas inte som något fel utan är något vi får vänja oss med vid välisolerade glasningar.

Värmeutstrålningen från en glasyta (se kapitlet ”Energihushållning och värmeisolering”), som till en stor del ”ser” en mörk himmel, kan bli avsevärd. Om glasningen är välisolerad tillförs endast lite värme från rummet, och det yttre glaset kan då lätt anta en temperatur markant lägre än uteluften. Efter soluppgången förångas emellertid kondensen och upptas i uteluften efter några timmar.

Om en glasyta avskärmas av t ex en markis eller en stor takfot ”ser” glasytan emellertid inte himlen och då bildas heller inte kondens.

Fältnätningar av utvändig kondens har utförts och registrerats, bl a av SP i Borås under perioden 15 mars–31 december 1994, då man gjorde mätningar på träfönster med tre olika glaskombinationer. Mätningen är publicerad i skriften ”Kondens på fönster – orsaker, åtgärder, dimensionering” av Agneta Persson m fl. Mätningen varade 292 dygn eller 7 008 timmar varav 3 796 timmar dagtid. Glasytan för varje fönster indelades i tre delar: övre, mitt och nedre. Antal timmar med utvändig kondensutfällning framgår av tabell 19.

Antal	Kondensutfällning antal timmar								
	Fönster U_g ca 0,9 W/m ² K			Fönster U_g ca 1,1 W/m ² K			Fönster U_g ca 1,9 W/m ² K		
	nedre	mitt	övre	nedre	mitt	övre	nedre	mitt	övre
Timmar (totalt)	166	102	68	67	59	24	1	0	0
Nätter (antal)	47	30	21	20	15	9	1	0	0
Timmar (dagtid)	34	19	13	17	12	4	0	0	0

Tabell 19. Varaktighet av utvändig kondens på fönster.

Varaktigheten av utvändig kondens är vilket framgår av tabell 19 beroende av U_g -värde för glasinng. Vid U_g -värde < 1,1 kan kondens förväntas regelbundet om inte glaset avskärmas från himlen. 80–90 % av tiden med kondens inträffade under perioden augusti–november.

Smutsavvisande glas bildar kondens på ett annat sätt än obehandlade glas som gör att genomsikten blir betydligt bättre. På obehandlat glas bildas det små vattendroppar som bryter ljuset vilket inte är fallet med smutsavvisande glas som en jämn vattenhinna. Kondensen upplevs därför som mindre förekommande vid smutsavvisande glas.

Ett annat sätt att minska kondensen är att ha ett hårdbelagt lågmissionsglas med beläggningen vänd utåt.

Råd

- Tänk på att utvändig kondens kan uppstå på välisolerade glaskonstruktioner. Det räknas inte som något fel utan visar bara att glaskonstruktionen fungerar på avsett vis.
- Om man vill undvika eventuellt störande utvändig kondens bör man inte välja glaskonstruktioner med U_g lägre än ca 1,1 W/m²K. I annat fall bör man göra en närmare analys av de aktuella förhållandena och beräkna under vilka tider utvändig kondens kan uppstå.
- För att undvika invändig kondens måste man speciellt se till att det inte uppstår köldbryggor samt att dåligt isolerade delar placeras åtkomliga för uppvärmning från tex radiator eller från påblåsning av varm luft. Rum med extra hög fukthalt, tex simhallar, måste alltid ha välisolerade konstruktioner i kombination med effektiv uppvärmning av glasytor.

Ljus

Aktuell forskning inom området "ljus och hälsa" visar att solljus/dagsljus är av avgörande betydelse för människans hälsa och välbefinnande. Bland annat styrs dygnsrytmen av dagsljusets spektrala växlingar över dygnet. Förutom att dagsljusförhållandena förstås inverkar på vårt seende menar vissa forskare att även immunförsvaret påverkas.



Bild 60. Glashus i Madrid, Spanien.
Arkitekt Alberto Campo.

Vad säger byggreglerna?

6:32 LJUSFÖRHÅLLANDEN

- Rum eller avskiljbara delar av rum i byggnader där människor vistas mer än tillfälligt ska utformas och orienteras så att god tillgång till direkt dagsljus är möjlig.

Allmänt råd: Som ett schablonvärde kan gälla att fönsterglasarean bör ge motsvarande ljusinsläpp som uppnås då fönsterglasarean är minst 10 % av golvarean när fönstret har 2 eller 3 klarglas. En förenklad metod för uppskattning av fönsterglasarean finns i SS 91 42 01.

- I bostäder ska något rum eller någon avskiljbar del av rum där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus.

Hur definieras dagsljus

Solinstrålning kan vara både till glädje och besvär och måste kunna styras. Variationen i rummet får inte bli för stor, och ljus från fönster får inte blända. Det finns beskrivnings- och beräkningsmetoder för att bestämma styrkan, kvaliteten och fördelningen av sol- och dagsljus i olika rum.

Beskrivning	Symbol	Enhet	Beteckning
Ljusstyrka, ljuskällans intensitet i en viss riktning	I	Candela	cd
Ljusflöde, mängden ljus som en ljuskälla avger	ϕ	Lumen	lm
Belysningsstyrka, mängden ljus som träffar en yta (mäts i lux $\approx$ lm/m ²)	E	Lux	lx
Luminans, mängden ljus som en yta utsänder per ytenhet	L	Candela/m ²	cd/m ²

Tabell 20. Definitioner av vanliga begrepp för ljus.

Dagsljusets kvaliteter

Standarden SS 91 42 01 beskriver en förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglasarea med hänsyn till dagsljusbelysning (dagsljusfaktor) från mulen himmel.

Ett schablonvärde för minsta glasarea vid klara glas är minst 10 % av golvarean. Detta gäller om inte fönster är nämnvärt avskärmat av omgivande byggnadsdelar eller byggnader. Glasyta under 0,8 m ovanför golv räknas inte.

Metod för beräkning av dagsljusfaktor finns i boken Räkna med dagsljus (Hans Allan Löfberg), Statens institut för byggnadsforskning 1987.

Dagsljuset utomhus varierar beroende av solhöjd, atmosfär och moln.

För ett rum som har fönster på vissa väggar varierar dagsljuset ytterligare beroende av orientering, avskärmning från himmel och tiden. Rum med takfönster jämnt fördelade över golvyta har däremot dagsljus jämnt fördelat som utomhus.

Variation i tiden är kanske dagsljusets viktigaste kvalitet. Den ger miljön en stimulans som oftast saknas i elbelysning.

Bländning

Fönsterglas kan ha hög luminans, speciellt om man ser himlen genom dem. Luminansen är ofta så hög att den är direkt obehagligt bländande. Ett solbelyst vertikalt fönster en klar dag kan ha luminans på ca 10 000–20 000 cd/m².

En bildskärm har luminans på ca 200–400 cd/m². För att läsa en bildskärm måste luminans för fönsterglas reduceras kraftigt. Hur stor denna reduktion behöver vara är beroende av bildskärmens placering i förhållande till fönsterglas med hög luminans.

Lämpliga värden för solljusskydd (luminans och ljustransmission) för att undvika störande reflexer och god läsbarhet av bildskärm framgår av tabell 21.

Tabell 21. Solljusskydd för kontorsverksamhet. LT_{tot} soljustransmission genom glasning med solljusskydd (t-ex invändig gardin).

Placering av bildskärm	Luminanskrav (cd/m^2)	Fönsterorientering – solljusskydd	
		NO-O-S-V-NV (LT_{tot})	NV-N-NO (LT_{tot})
Direkt solljus	≤ 200	0,01	0,05
Indirekt solljus	$\leq 1-000$	0,05	0,25
Helt skyddad	≤ 2000 till 4000	0,10	0,50

En lämplig kravnivå för luminans som bör tillfredsställa de flesta är $\leq 1000 cd/m^2$. För nordorienterade fönsterglas kan reflektion från omgivning orsaka behov av förbättrat solljusskydd.

Exempel:

Kontorsrum mot öster med:

- ▶ Luminanskrav $\leq 1000 cd/m^2$
- ▶ Glasning med solskyddsglas ljustransmission $LT = 0,60$

Kravnivå:

- ▶ Soljustransmission $LT_{tot} = 0,05$
- ▶ Ljustransmission rörligt solljusskydd $LT = 0,08$ ($0,05 / 0,60$)

FÄRGPÅVERKAN AV SOLLJUS GENOM GLAS

Då solljus går igenom glas sker en viss färgförändring. Färg kan ha många variationer och upplevelsen blir uppenbart subjektiv. För att beskriva denna förändring med enkla tal används begreppet färgneutralitet.

I standard (SS-EN 410) definieras färgpåverkan genom ett färgåtergivningsindex R_a .

R_a -index innebär att man belyser åtta testfärger med ett referensljus "D65". Belysning av testfärgerna sker direkt och då belysning transmittats genom aktuell glasning. För varje färg jämförs och beräknas förändring efter i standard fastställd

Tabell 22. Exempel på färgåtergivningsindex (R_a) redovisade av glastillverkare för olika glastyper.

Glastyp	Antal glas	Glas (mm)	Solfaktor (g)	Ljustransmission (%)	R_a	Anmärkning
Vitt glas	1	12	0,87	90	99	S-k järnfritt glas
Klart floatglas	1	6	0,83	89	98	Klart normalt floatglas
Klart floatglas	1	12	0,75	86	96	Klart normalt floatglas
Grått floatglas	1	10	0,46	26	94	Genomfärgat floatglas
Grönt floatglas	1	10	0,49	66	83	Genomfärgat floatglas
Klart LE-glas	2	10	0,60	79	96	Isolerruta
Klart solskyddsglas	2	12	0,41	66	94	Isolerruta
Neutralt solskyddsglas	2	12	0,33	60	93	Isolerruta
Effektivt solskyddsglas	2	12	0,27	50	87	Isolerruta

beräkningsmodell. R_a -index för direkt belysta färger är 100 (ingen färgförändring). Enligt SS EN 410 karakteriseras $R_a > 90$ som ”mycket bra” och $R_a > 80$ som ”bra” färgåtergivning.

Standard R_a D65 enligt SS EN 410 avser endast ljus som transmitteras genom glas.

Färgpåverkan av glas sker även vid utvändig och invändig betraktelse av glasytor där färgpåverkan sker av i glas reflekterat ljus. Färgåtergivningsindex för utvändig betraktelse av glas benämns $R_{a,Ra}$. $R_{a,Ra} \geq 90$ innebär en god neutral färgåtergivning.

Färgåtergivningsindex $R_{a,Ri}$ vid invändig betraktelse gäller vid mörker utomhus och reflektion av invändig belysning. Denna invändiga färgförändring är normalt av helt underordnad betydelse.

$R_{a,Ra}$ & $R_{a,Ri}$ index finns definierade enligt tysk DIN-standard.

Exempel på lämpliga värden enligt ACC Glasrådgivare:

- kontorslokaler: $R_a > 85-90$
- bostäder: $R_a > 90-95$

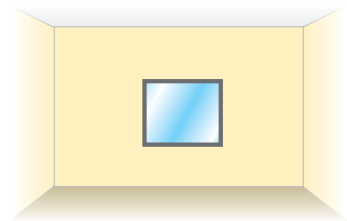
För vissa verksamheter krävs dock betydligt högre R_a -index t ex vid arbete med eller betraktande av färgkulörer.

Sk vitt glas med låg järnoxidhalt används ofta vid tjocka solskyddsglas och i bärande glaskonstruktioner för att få en hög färgåtergivning och slippa glasets naturliga grönton.

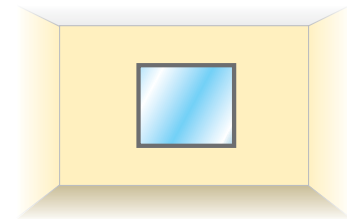
Fönsters form och placering

Ett fönsters form och placering i yttervägg påverkar dagsljusnivån i rummet. Se bild 62. Nödvändig fönsterarea av golvyta är beroende av ljustransmission för glasning. Se bild 61.

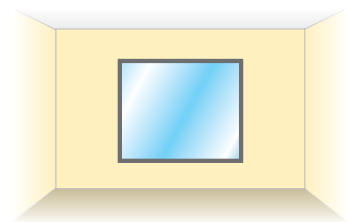
Nödvändig fönsterarea av golvyta



LT 80% = minimum 10%
(LT = Ljustransmission)



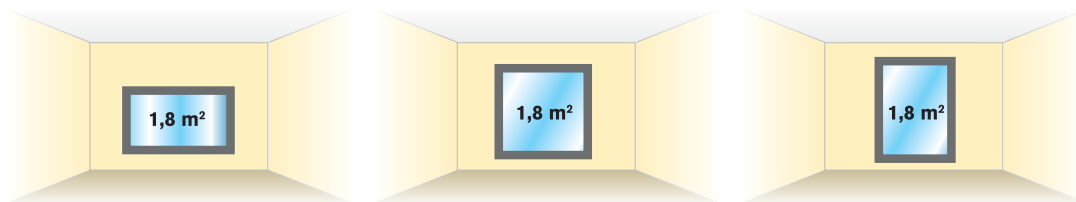
LT 60% = minimum 13,30%



LT 40% = minimum 20%

Bild 61. Erforderlig ljustransmission vid olika glasstorlekar.

Fönstrets form och placering påverkar dagsljusnivån



Ett lågt och brett fönster ger sämst dagsljusfaktor - särskilt i rummets inre

En kvadratisk öppning ger något bättre dagsljusfaktor. Det är en vanlig fönsterform som ger ett acceptabelt resultat.

Ett högt och smalt fönster ger bäst dagsljusfaktor. Denna lösning ger ett bättre ljus i mitten av rummet.

Bild 62. Dagsljusnivå vid olika fönsterform.

Råd

- För kontorslokaler bör solljuset begränsas så att belysningsstyrkan på arbetsplatsen blir < 5000 lx eller att invändig solljusbelyst yta i fönsteröppning har en luminans av högst 1000 cd/m².
- För fönster utsatta för sol bör max ca 5 % av solljuset lysa in i rummet genom glas/ljusskydd för att säkerställa max 1000 cd/m².

Bullerskydd

Buller är ett problem som har ökat. Enligt en statlig utredning uppges 400 000–900 000 personer dagligen vara störda av buller från trafiken och 200 000–600 000 vara mycket störda av grannar¹⁷. Bullret tränger i huvudsak in genom glaspartier och otätheter i konstruktionerna.



Bild 63. Flygel av glas.

Vad säger byggreglerna?

FÖRESKRIFTER OM BULLERSKYDD FINNS I KAPITEL 7

7:1 Allmänt

- Byggnader ska **utföras** så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas.

7:2 Ljutförhållanden

- Byggnader och deras installationer ska utformas så att ljud från byggnadens installationer, från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas. Detta ska ske i den omfattning som den avsedda användningen kräver och så att de som vistas i byggnaden inte besväras av ljudet. Om bullrande verksamhet gränsar till bostäder, ska särskilt ljudisolerande åtgärder vidtas. I lokaler ska efterklangstiden väljas efter vad ändamålet med utrymmet kräver.

Allmänt råd:

Föreskriftens krav på byggnaden är uppfyllt om de byggnadsrelaterade kraven i ljudklass C enligt SS 25267 för bostäder eller enligt SS 25268 för respektive lokaltyp uppnås. Om bättre ljutförhållanden önskas kan ljudklass A eller B väljas.

Kommentar

Boverkets regler om bullerskydd hänvisar till en övergripande ljudklassningsstandard för bostäder, SS 25267, och för vissa lokaler, SS 25268. Ljudklassningsstandarderna innehåller fyra klasser: A, B, C och D. Klass C motsvarar samhällets minimikrav som måste uppnås vid nybyggnad. Därutöver är det fritt att välja mellan klass A och B. Klasserna A och B anger bättre ljudstandard än vad minimikraven i klass C anger.

17. Enligt Miljöhälsoutredningens betänkande.

Glaset egenskaper

Det vi upplever som ljud är en vågrörelse i det medium som omger vårt ytteröra. Vågrörelsen karakteriseras av våglängd (m), frekvens (Hz) och styrka (anges i dB utifrån en standardiserad referensnivå). Med buller avses allt icke önskvärt ljud.

Man intresserar sig främst för buller i frekvensområdet 100 Hz till 3 150 Hz. Ljudisoleringen anges som ett reduktionstal R_w uttryckt i dB (decibel). Ju högre reduktionstal, desto större är ljudisoleringen. Beroende på bullerkällan kan man även ta hänsyn till om ljudet är mer dominerande vid vissa frekvenser, t ex stadstrafik som främst utgörs av lågfrekvent ljud.

Den bullerreducerande förmågan hos glas och glasrutor varierar med bland annat tjocklek, antalet glasskivor, laminering av glasen och avståndet mellan rutorna.

När man ökar *glasets tjocklek* blir rutan tyngre och ljudvågorna kan inte sätta den i svängning lika lätt. Glasrutans ljudreduktionstal ökar teoretiskt med 6 dB vid varje fördubbling av tjockleken. I praktiken når man inte så långt.

Den kritiska frekvensen eller koincidensfrekvensen hamnar allt längre ned i frekvensområdet ju tjockare glaset är. Vid koincidensfrekvensen får man en påtaglig dipp i ljudreduktionkurvan tack vare glasets egensvängning. Detta ger därmed dålig luddämpning med stort inläckage av ljud i det frekvensområdet.

I ett fönster med lika tjocka glasrutor svänger rutorna i takt, vilket försämrar ljudisoleringen. Med olika tjocklekar på rutorna (*asymmetri*) höjs fönstrets ljudreduktionstal.

Om flera glasskivor *lamineras* ihop så att rutan får lägre böjstyvhet reduceras ljudnivån över 1 000 Hz effektivt. Två 4 mm glasskivor som lamineras ihop är alltså bättre än en 8 mm homogen glasskiva. För de lågfrekventa ljuden upp till ca 1 000 Hz märks dock ingen skillnad.

Vid gjutlamell som ger ett mjukare skikt mellan glasen än den vanliga PVB-folien uppnås att de ingående glasen blir ”frikopplade” från ljudsynpunkt och därmed hamnar koincidensfrekvensen för detta lamellglas vid samma frekvens som gäller för de i lamellen enskilt ingående glasen och inte som tidigare vid en frekvens motsvarande lamellglasets totaltjocklek. Gjutlamellglaset har sin koincidensfrekvens betydligt högre upp i frekvensområdet och om de ingående glasen inte är tjockare än 4 eller eventuellt 6 mm är koincidensfrekvensen inte i det intressanta området. Se bild 64.

Reduktionstal, dB

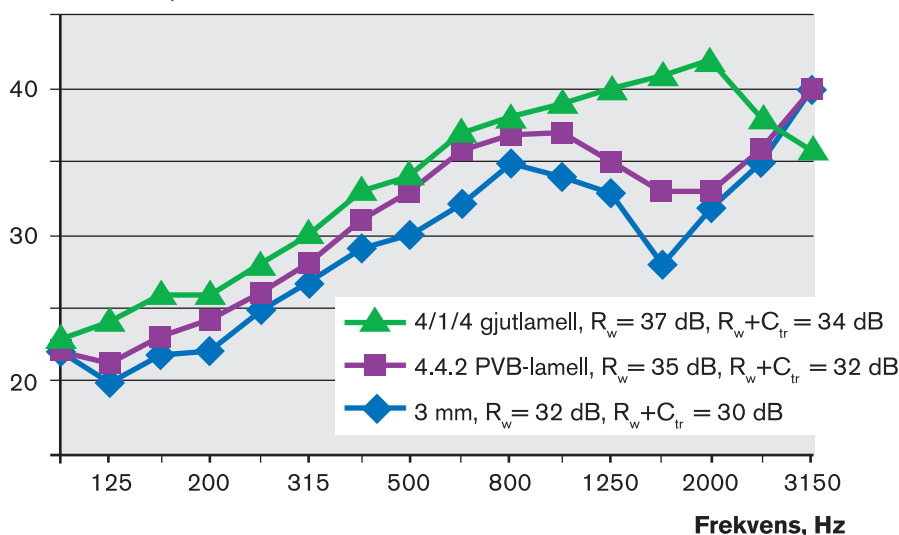


Bild 64. Uppmätt ljudreduktion för 8 mm glas, 4.4.2 lamell med PVB samt 4/1/4 gjutlamell. Det är främst dippen vid koincidensfrekvensen som inte blir så djup för gjutlamellglaset. Samtidigt blir ljudreduktionen i mellanfrekvensområdet någon eller några dB bättre. Den nya ljudfolien ger i princip samma resultat som gjutlamellglaset.

Det har nu även kommit på marknaden en mjukare PVB-folie som likt skiktet i gjutlamellglas har förmågan att från ljudsynpunkt frikoppla de i lamellglasets ingående glasen och därmed uppnå samma effekt vad gäller lamellglasets koincidensfrekvens.

Vid flerglasrutor blir glasavståndet en viktig parameter när det gäller ljudreduktionen. Luftgapet fungerar som en fjäder mellan glasen och ”kopplar ihop” glasen. Kopplingen mellan glasen medför att man får en resonans eller samsvängning mellan dem vid en viss resonansfrekvens, där då ljudreduktionen blir sämre. Kopplingseffekten är sannolikt kraftigare vid den hermetiskt tillslutna isolerrutan i jämförelse med den kopplade rutan. Ju större luftspalt desto mjukare blir denna fjäder och desto längre ned i frekvensområdet hamnar egenresonansen. För isolerrutor, såväl två- som treglasrutor med luftspalter på ca 12–15 mm, ligger resonansfrekvensen vid ca 250 Hz. För treglas-isolerrutan blir det även en koppling mellan ytterglaset som ger en resonansfrekvens vid ca 125 Hz. För kopplade fönster med luftspalt kring 35–40 mm hamnar denna grundresonans under 100 Hz och är luftspalten över 75–100 mm hamnar den under 50 Hz. Dippar i ljudreduktionskurvan vid dessa låga frekvenser och kanske främst de som ligger över 100 Hz kan vara mycket negativa, framför allt om det gäller att dämpa stadstrafikljud som främst är lågfrekvent.

Samtidigt är det så att ljudreduktionen totalt sett förbättras med större luftspalter och när man kommer upp i spalter kanske över 40–50 mm ökar ljudreduktionen med i princip ca 3 dB för varje fördubbling av spaltbredden. Så riktigt stora spalter på upp mot 150 till 200 mm eller mer har en klart positiv påverkan på ljudreduktionen. Placering av absorbent i dessa stora spalter kan ytterligare förbättra ljudreduktionen.

Även speciella *gaser* i isolerglas kan ge viss förbättring inom vissa frekvensområden. Ofta försämrar dessa speciella gaser ljudreduktionen vid de låga frekvenserna och har ingen positiv inverkan om det gäller att dämpa stadstrafikljud. Oftast är det SF₆ som använts och den är mindre miljövänlig och försämrar även U-värdet vid luftspalter över 8–10 mm.

Ett fönsters ljudreducerande egenskaper beror även på utformningen av karm, båge, fogar och ventiler. För tex glasrutor med hög ljudisolering blir till slut karmen begränsande för hur hög ljudisolering som kan uppnås i det fall det är enkel eller kopplade bågar.

Ljudreducerande glas

Ljudreduktion anges enligt SS-EN ISO 717-1 med tre mätetal inom frekvensområdet, se tabell 23. R_W -värdet, det sk vägda reduktionstalet, bestäms alltid för det standardiserade frekvensområdet 100 till 3 150 Hz. Däremot de angivna korrektionstermerna C och C_{tr} kan bestämmas för något olika frekvensintervall. Om inget anges som index vid termen är dessa termer bestämda för grundfrekvensintervallet 100–3 150 Hz. Ljudreduktionen kan dock anges i hela intervallet från 50 till 5 000 Hz.

C -termen korigerar främst för örats olika känslighet av ljud vid olika frekvenser och avser en ljudbild där ljudstyrkan ”upplevs” lika stark vid samtliga uppmätta frekvenser, vilken motsvarar i stort det tidigare dB (A)-värdet. C_{tr} -termen tar såväl hänsyn till örats känslighet som till dämpning av ett väl specificerat stadstrafikljud.

R_w	Vägt reduktionstal. Avser isolering mot broadbandigt buller.	Används när bullret är mellanfrekvent, tex vid allmänt bullerutsatta miljöer som från tal, musik, radio och TV.
R_w+C	Trafikbullerreduktionstal. C-termen är negativ och korrigerar för sämre lågfrekvensisolering.	Används när bullret är mellan- och högfrekvent, tex vid järnvägs- och landsvägstrafik med hög hastighet eller jetflyg på kort avstånd.
R_w+C_{tr}	Trafikbullerreduktionstal. C_{tr} -termen är negativ och korrigerar för sämre lågfrekvensisolering.	Används när bullret är lågfrekvent, tex från stadstrafik med tung trafik, propellerflyg, discomusik med kraftig bas.

Tabell 23. Mätetal för ljud-
reduktion enligt SS-EN ISO 717-1.

Ljudreduktionen mäts i frekvensband och redovisas i en kurva. Dessa mätvärden vägs till ett enda reduktionstal angivet i dB genom att viktas enligt givna regler. De reduktionstal som leverantörerna anger är uppmätta i laboratorium under ideala förhållanden. Därför bör man välja ett fönster med minst 3 dB säkerhetsmarginal för att vid mätning i byggnaden nå den beräknade nivån. När värdena avser mätvärden uppmätta i byggnaden anger man detta med ett primecken, tex R'_w .

Produkt	R_w	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
4	29		26
6	31		28
10	33		30
4-15-4	31		25
6-15-4	36	34	31
10-15-4	38	36	32
6-15-44.2	39	37	33
6-15-44.2 Ljudfolie	42	40	36
8-15-66.2 Ljudfolie	43	41	39
10-12-44.2 Ljudfolie	43	41	38
44.2 Ljudfolie–12-66.2 Ljudfolie	48	47	41

Tabell 24. Exempel på ljudreduktionstal dB för några glastrutor med och utan standard PVB-folie. Förklaring: Med 4-16-4.4.2 menas en isolerruta med 4 mm glas, 16 mm spalt och ett lamellglas med två 4 mm glastrutor och 2 lag PVB-folie.

Råd

Att välja rätt bullerdämpande glas fordrar ett visst förarbete. Bullerkällan måste beskrivas, för det är stor skillnad mellan att stoppa ett högfrekvent och att stoppa ett lågfrekvent ljud.

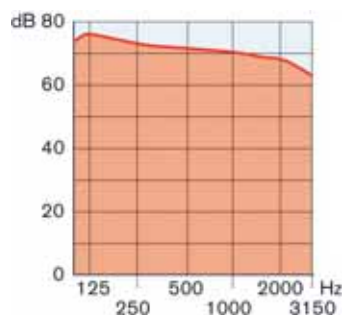


Bild 65. Bullernivå.

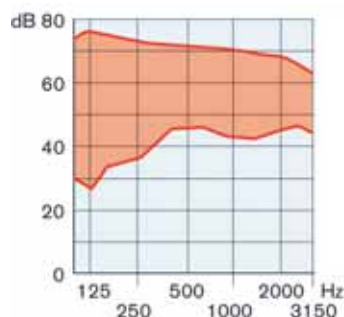


Bild 66. Bullerreduktion.

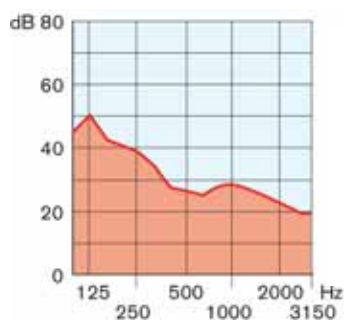


Bild 67. Buller inomhus efter ljudrutans installation.

1. Gör en trafikbullerberäkning

- Steg ett är vanligtvis att göra tex en trafikbullerberäkning. Detta görs enligt den nordiska beräkningsmodellen. Beräkningen bygger på en tredimensionell terrängmodell med inlagda byggnader samt uppgifter om antalet fordon och hastighet hos dessa. Beräkningar kan även göras om det gäller tex industri- eller flygbuller.
- Om det av någon anledning inte går att utföra en beräkning kan mätningar göras. Detta kan bli fallet om det saknas trafikflödesuppgifter eller om tex verksamheten på en industrifastighet är för komplex eller varierande för att kunna beräknas.

2. Jämför med glasens bullerreduktionskurvor

- En glasrutas ljudisolering mäts upp i laboratorium. Rutan monteras i en vägg som har mycket hög ljudisolering och som separerar två rum. I det ena rummet alstras ett bredbandigt brusartat ljud med en högtalare. Ljudnivåskillnaden mellan de två rummen registreras i normerade frekvensband. En korrektion görs för mottagarrummets ljudabsorption och glasrutans area. Resultatet ger oss rutans ljudisoleringskurva, som även kan användas som underlag för att ta fram ett vägt reduktionstal (entalsvärde på ljudisoleringen) samt anpassningstermerna (C-termerna) beskrivna i tabell 23 ovan.

3. Jämför bullerkurvan med fönstrets reduktionskurvor

- Genom att jämföra bullerkurvan från fältmätningen med bullerreduktionskurvorna för olika glas, kan man direkt se om glaset dämpar tillräckligt och vid rätt frekvenser (se bild 66). Ett bra medelvärde hjälper inte om glaset är bäst vid fel frekvenser! Bild 67 visar bullret inomhus i faktiska tal, efter ljudrutans installation. Jämför med bullret i Bild 65!

4. Välj glas

- Välj ett glas med minst 3 dB säkerhetsmarginal för att nå den beräknade nivån vid mätning i byggnaden.

Bild 68. Mellanväggar av glas för ljudisolering.



A woman with dark hair pulled back, wearing a light-colored striped short-sleeved shirt and a small hoop earring, looks over her right shoulder with a serious expression. Her right arm is extended towards the right side of the frame. In the foreground, the back and shoulder of a person wearing a white t-shirt are visible, partially obscuring the lower part of the image. The background consists of a dark brick wall and a green structural beam.

Drift och underhåll



Drift och underhåll

Beständighet: Livslängd, garantier, märkning, utbytbarhet, skötsel och återvinning av planglas. Vanliga fel: Spontangranulering, temperaturspänningar och läckage.

Livslängd hos isolerrutor

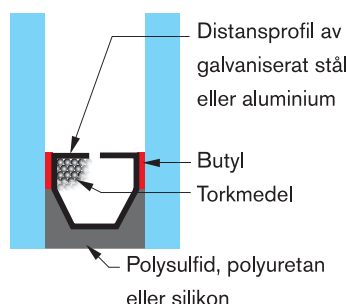


Bild 69. Isolerruta.

I dag är de flesta isolerrutor dubbelförseglade, vilket innebär att kantförseglingen är uppbyggd i två steg med dels en inre lågpermeabel plastisk butyl, dels en yttre elastisk polysulfid, polyuretan eller silikon. Inuti distanslisterna ligger ett torkmedel för vattenånga, som har till uppgift att hålla den luft som är inestängd mellan glasen torr. Viss indiffusion av fukt eller vattenånga sker med tiden genom förseglingsmassorna men inträngande ånga absorberas av torkmedlet.

Under förutsättning att isolerrutan är rätt tillverkad avgörs en isolerrutas livslängd av förhållandet mellan det inneslutna torkmedlets torkkapacitet och den hastighet med vilken vattenånga från den omgivande atmosfären förmår diffundera genom rutans kantförsegling.

Med rätt mängd torkmedel i isolerrutan klarar en fungerande isolerruta teoretiskt mer än ett hundra års indiffusion av fukt eller vattenånga. Det finns ingen som idag riktigt vet vad den praktiska livslängden för en isolerruta kan sättas till. Vi har bara haft denna typ av rutor korrekt monterade sedan början av 1960-talet och de dubbelförseglade med riktiga förseglingsmassor sedan slutet av 1970- eller början av 1980-talet. Med rätt tillverkade och monterade isolerrutor bör man enligt glasbranschen i dag kunna räkna med en livslängd på över 50 år.

Vid projektering av glasade konstruktioner bör man alltid beakta hur glas och komponenter ska kunna underhållas och eventuellt kunna bytas i en framtid. Exempelvis kan stora glas vara tunga att hantera och svåra att komma fram med.



Bild 70. Märkning av distanslist.

Garantier

Från och med 1986 är merparten av alla svenska isolerrutor P-märkta enligt överenskommelse mellan Statens Provnings- och forskningsinstitut och Svensk Planglasförening om kontroll och övervakning av såväl ingående komponenter och tillverkning som den färdiga isolerrutan. P-märkta isolerrutor har tillverkarens namn, tillverkningsstidpunkt och ett krönt P instansat på distanslisten.

Isolerrutetillverkarna i Sverige ger 5 års garanti mot kondensbildning mellan glasen på isolerrutor monterade i byggnader. Förutsättningen för att garantin ska gälla är:

- att de MTK-föreskrifter som gäller vid insättningsstillfället följts, samt att enbart fogmaterial som är godkända av MTK (Monteringstekniska kommittén) använts vid monteringen.
- att ingen efterbearbetning i form av skärning och slipning har förekommit, inte heller målning eller affischering, applicering av värmereflekterande filmer, dekal, pålimmade spröjsar m-m på hela eller delar av isolerrutan.

I Sverige förekommer 10 års garanti på fabriksglasade isolerrutor, vilka levereras monterade i nya fönster monterade på fabrik.

Märkning för identifiering av isolerruta

Behovet att isolerrutan ska vara varaktigt märkt för att kunna identifieras finns naturligtvis till en viss grad hos beställaren/entreprenören i samband med leverans eller hos byggherren eller dennes ombud vid monteringen eller besiktningen. Det riktigt stora behovet finns dock främst när en trasig eller på annat sätt felaktig isolerruta i en byggnad måste bytas ut och ersättas. Oftast blir det då glasmästarens arbete att få fram en likadan isolerruta. Isolerrutans märkning ska helst i klartext innehålla all den information som krävs för att kunna beställa och få tillverkat en identisk likadan isolerruta.

En beskrivning av en isolerruta bör omfatta såväl information om de ingående glasen som deras tjocklek, bredden på respektive spalt och om dessa spalter är fyllda med luft, annan gas eller gasblandning samt hur de olika glasen och listerna sinsemellan är placerade i rutan. För glaset måste även aktuell glasprodukt – exempelvis vilket belagt solskyddsglas som använts – samt grad av vidareförädling – exempelvis om det är termiskt härdat eller värmeförstärkt – anges. När det gäller spalten kan typ av distanslist behöva anges. Isolerrutans dimensioner anges normalt med bredd gånger höjd uttryckt i mm. **I vissa fall** anger tillverkarna mycket av detta instansat i distanslisten. I andra fall anges ingenting. **Det är då viktigt att kräva någon annan form av dokumentation som ger behövlig information vid glasbyte.**

Om isolerrutetillverkningen är certifierad av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) och således uppfyller kraven i Svensk Planglasförenings (SPF:s) ”Regler för tillverkning av isolerrutor”, kan SP:s certifieringsmärke – P-märket – ingå i märkningen. Även CE-märket¹⁸ inklusive SS-EN 1279, som är den europeiska produktstandarden för isolerrutor, kan behöva finnas med i märkningen.

Skötsel

RENGÖRING

För att bibehålla det attraktiva utseendet på glasade konstruktioner ska man rengöra dem regelbundet. För glasytor som smutsas ned långvarigt finns stor risk att smuts fastnar så hårt i glasytan att det senare blir så gott som omöjligt att rengöra ytan. Glasytan tappar då sin lyster och ger ett tråkigt och slitet intryck. Rena konstruktioner ger ett attraktivare utseende, bättre beständighet och funktion.

Rengöring sker bäst oftast med vanligt vatten och ett neutralt tvättmedel. Både aluminiumprofiler och glas är känsliga för alkalier och bör därför absolut inte utsättas för påverkan av sådana. Det är därför viktigt att man torkar av såväl glas som profiler när man tvättar med alkaliska rengöringsmedel. Om betongvatten eller putsbruk kommit på anodiserade eller lackerade aluminiumprofiler eller glas, är det viktigt att omgående tvätta bort detta. Det finns idag metoder att åtgärda detta som utförs av specialföretag.

Använd inte heller tvättmedel med sliptillsatser eller skrubbing med tex scotch-britesvampar! Risken är då stor för mekanisk påverkan såsom kraftiga repor på såväl glas som aluminium och lackade ytor.

UNDERHÅLL

Regelbunden kontroll och justering av glasade konstruktioner bör göras för god funktion och lång livslängd. Rörliga delar i beslag m m ska hållas lätt insmorda så att de inte kärvar. Skruvar till beslag ska kontrolleras så att de är åtdragna och beslagen sitter i rätt position.

18. Se kapitlet om CE-märkning.

På fasader, fönster, dörrar och glastak, ska man kontrollera att dräneringshål inte är igentäppta, glasnings- och tätningsgummi har täta anslutningar i hörnen, öppningsbara delar är rätt klotsade och täcklock sitter fast.

Återvinning av planglas

Glasbranschföreningen har sedan 2003 ett avtal med SGR, Scandinavian Glass Recycling, om hämtning och återvinning av planglas. Planglasen går till fragmentering, separation och därefter återvinning till mineralullsproducenter som ISOVER i Sverige. Det finns även andra former av återvinning som utförs av återvinningsföretag som bearbetar planglasen utomlands.

Vanliga fel

Det händer att det blir problem med glasade konstruktioner. I det följande ges några exempel på vanliga fel och hur man kan undvika dem.



Bild 71. Waterloo station i London. Det undre härdade glaset i taket spontangranulerade och man har tvingats hänga tältliknande skycken under för att glas inte ska trilla ned på folk på stationen.

SPONTANGRANULERING

I glas kan det finnas mikroskopiskt små inneslutningar av nickelsulfid. Dessa kan i undantagsfall utlösa brott på härdat glas utan synlig yttre påverkan. Sådan sk spontangranulering utlöses av att eventuellt förekommande mikroskopiska nickelsulfid-inneslutningar i glaset efter härdningen långsamt omvandlas från en mindre till en större molekylstruktur och därmed vill tillväxa i volym, när det termiskt härdade glaset redan hunnit nå rumstemperatur. Denna tillväxt skapar då dragspänningar i glaset kring inneslutningen och detta kan vid ogynnsamma förhållanden leda till glasbrott.

Genom att värmetesta (med hjälp av heatsoaktest) alla glas efter härdning kan man under kontrollerade förhållanden utlösa så gott som alla spänningar orsakade av nickelsulfiderna som eventuellt senare skulle kunna leda till brott.

Ett annat alternativ är att använda värmeförstärkt glas i stället för härdat. Det har dock bara ungefär halva hållfastheten jämfört med härdat glas. Ett värmeförstärkt glas brister i större bitar på ett sätt som påminner om vanligt glas och sitter därmed kvar i ramkonstruktionen. Observera dock att värmeförstärkt glas spricker som vanligt glas och därmed inte är ett personsäkerhetsglas.

Några råd för att undvika problem med spontangranulering:

- För att undvika risken för spontangranulering, använd inte härdat glas utan i stället laminerat glas eller värmeförstärkt glas.
- I glastak ska det undre glaset normalt vara laminerat.
- Om härdat glas ska användas där risk finns för nedfall vid ev granulering så välj att heat-soak testa glaset.

TERMISKA SPÄNNINGAR

Termiska spänningar i glas kan leda till att det spricker. Orsakerna till termiska spänningar kan variera. Värmesystem och brand är två, men den vanligaste är solvärme. Liksom alla material utvidgas glas vid värme. Om värmen inte är jämnt fördelad över glasytan uppstår spänningar mellan varma och kalla delar. Ofta uppstår de största termiska spänningarna i glaskanten eftersom glaskanten är isolerad bakom metall- eller träprofiler och därmed inte värms upp och inte heller utvidgas. De centrala delarna av glaset däremot värms upp och utvidgas. Denna utvidgning ger då upphov till dragkrafter i de mer perifera delarna som inte utvidgas. Dessa dragspänningar

kan bli så stora att glaset brister. Mikrosprickor, som ofta finns vid den skurna kanten förorsakade av skärningen, gör då detta område än mer känsligt för dessa termiska dragspänningar i kanten.

Några råd för att undvika problem med termiska spänningar:

- Använd värmeförstärkt glas vilket avsevärt minskar risken för sprickor, speciellt för genomfärgade glas.
- Minimera mikrosprickor i glaskanterna genom att se till att de är välskurna eller slipade.
- Se till att spalten mellan glas och gardin på insidan är tillräckligt väl ventilerad så att det inte byggs upp en värmekudde.
- Undvik mörka färger på persienner och gardiner i solutsatta lägen.
- Applicera inte film av olika slag utan att först veta att det inte leder till sådana temperaturspänningar som kan orsaka brott.

LÄCKAGE

Vattenläckage kan ses som resultatet av tre faktorer: brister i täthet, tryckskillnad och tillgång till vatten. När alla tre faktorer föreligger kommer tryckskillnaden att pressa in vatten i otätheterna.

Ett bra sätt att undvika problem är att ha en konstruktion med tvåstegstätning och tryckutjämning. Det yttre tätskiktet ska vara regntätt eller vattenavvisande. Eventuellt vatten som läcker in ska kunna ledas bort i den luftade och dränerade spalten mellan de två tätskikten. Det inre tätskiktet ska vara lufttätt och ta upp tryckskillnaden mellan inne och ute. Om man ska lita på en konstruktion med endast ett tätskikt måste det skiktet vara perfekt utfört vilket inte är praktiskt realistiskt.

Några råd för att undvika problem med läckage:

- Välj en konstruktion med tvåstegstätning och tryckutjämning.
- Dela upp stora ytor i mindre med hänsyn till tryckutjämning och avledande av vatten som kommer in genom det yttre tätskiktet. Tryckskillnaden varierar över fasaden och skorstensverkan bör begränsas.
- Testa konstruktionen med avseende på lufttäthet och regntäthet.
- Använd förtillverkade element vilket minskar riskerna för fel genom att en stor del av arbetet görs i fabrik under kontrollerade förhållanden.

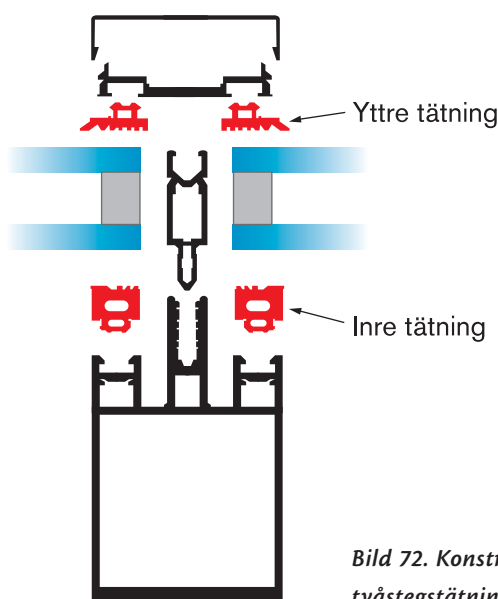


Bild 72. Konstruktion med tvåstegstätning och tryckutjämning.



Regler och ordlista



Regler **88** Ordlista **92**

Regler

Glasarbeten styrs av ett antal regler. Vissa är bindande, såsom föreskrifterna i Boverkets bygg- och konstruktionsregler och Arbetsmiljöverkets regelsamling, andra blir bindande genom att de skrivs in i avtal, t ex standarder och branschregler. Ibland ställs krav på CE-märkning, P-märkning och auktorisation för vissa glasarbeten.

Byggregler

BOVERKET

Boverkets byggregler BBR finns att ladda ned från Boverkets webbplats: www.boverket.se. Av särskilt intresse när det gäller glas är följande avsnitt:

- 5:218 Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar
- 5:63 Yttervägg och fönster
- 6: Fukt
- 6:32 Ljusförhållanden
- 6:41 Termiskt rumsklimat
- 7:2 Ljudförhållanden
- 8:35 Glas i byggnader
- 8:351 Skydd p mot sammanstötning
- 8:352 Skydd mot fall genom glas
- 8:353 Skydd mot skärskador
- 9:2 Bostäder
- 9.3 Lokaler

Boverkets konstruktionsregler BKR finns att ladda ned från Boverkets webbplats: www.boverket.se. Av särskilt intresse när det gäller glas är följande avsnitt:

- 3:1 Egentyngd av byggnadsverk
- 3:4 Nyttig last
- 3:5 Snölast
- 3:6 Vindlast
- 3.9 Långtidslast

ARBETSMILJÖVERKET

Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2000:42 "Arbetsplatsens utformning" finns att ladda ned från Arbetsmiljöverkets webbplats www.av.se.

Standarder

SIS är en medlemsbaserad, ideell förening med 1-450 företag och organisationer som medlemmar. SIS är centrum för arbetet med standarder i Sverige, och samarbetspartner med de europeiska och globala nätverken, CEN och ISO.

Till höger redovisas en sammanställning av de vanligast återopade standarderna för glas. Beställning av dessa standarder kan ske via www.sis.se.

SS-EN 356	Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motstånd mot manuellt angrepp
SS-EN 357	Byggnadsglas – Brandskyddande glaskonstruktioner med genomsynligt eller genomskinligt glas – Klassindelning av brandmotstånd
SS-EN 410	Byggnadsglas – Bestämning av ljus- och soloptiska egenskaper
SS-EN 572-1-8	Byggnadsglas – Kalk-sodasilikatglas (float, trådglass mm)
SS-EN 673 SS-EN 673/A1 SS-EN 673/A2	Byggnadsglas – Bestämning av värmegenomgångskoefficient (U-värde) – Beräkningsmetod
SS-EN 1063	Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motståndsförmåga vid beskjutning
SS-EN 1096	Byggnadsglas – Belagt glas
SS-EN 1279-1-6	Byggnadsglas – Förseglade rutor
SS-EN 1522	Fönster, dörrar, jalusier och solskydd. Skottsäkerhet – Krav och klassindelning
SS-ENV 1627	Fönster och dörrar – Inbrottsskydd – Krav och klassindelning
SS-ENV 1628	Fönster och dörrar – Inbrottsskydd – Provningmetod – Statisk belastning
SS-ENV 1629	Fönster och dörrar – Inbrottsskydd – Provningmetod – Dynamisk belastning
SS-ENV 1630	Fönster och dörrar – Inbrottsskydd – Provningmetod – Handpåverkan
SS-EN 1863	Byggnadsglas – Värmeförstärkt kalk-sodasilikatglas
SS-EN ISO 10077-1	Termiska egenskaper hos fönster, dörrar och jalusier – Beräkning av värmegenomgångskoefficient – Del 1: Förenklad metod
SS-EN ISO 10077-2	Termiska egenskaper hos fönster, dörrar och jalusier – Beräkning av värmegenomgångskoefficient – Del 2: Numeriska beräkningar av karmar
SS-EN 12150 1-2	Byggnadsglas – Termiskt härdat säkerhetsglas av kalk-sodasilikattyp
SS-EN 12519:2004	Fönster och dörrar – Terminologi
SS-EN ISO 12543 1-6	Byggnadsglas – Laminerat glas och laminerat säkerhetsglas
SS-EN 12 600	Byggnadsglas – Pendelprov – Motstånd mot tung stöt och klassindelning för planglas
SS-EN 12758	Byggnadsglas – Glasning och ljudisolering – Produktbeskrivning och bestämning av egenskaper
SS-EN 12898	Byggnadsglas – Bestämning av emissivitet
SS-EN 13501	Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement
SS-EN 13541	Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motstånd mot explosivt tryck
SS-EN 13947	Termiska egenskaper hos "curtain walling" (tex glasfasader) – Beräkning av värmegenomgångsmotstånd.
SS-EN 14179	Byggnadsglas – Värmeprövat, termiskt härdat säkerhetsglas av kalksodasilikatstyp
SS-EN 14449	Byggnadsglas – Laminerat glas och laminerat säkerhetsglas
SS-EN 20140	Byggakustik – Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement

Branschregler

MTK, MONTERINGSTEKNISKA KOMMITTÉN

Monteringstekniska Kommitténs (MTK:s) anvisningar och riktlinjer för val och montering av glas kan beställas via MTK:s webbplats: www.mtk.se.

- Montering av isolerrutor – riktlinjer
- Brand – Val och montering av glas i brandhämmande konstruktioner
- Säkerhet – Val och montering för att minska risken för personskador
- Skydd – Montering av glas för sak- och personskydd
- Tak – Val och montering av glas i takkonstruktioner
- Balkonginglasningar – Råd & anvisningar avseende inglasning av balkonger m m.

SVENSKA STÖLDSKYDDSFÖRENINGEN, SSF

Svenska Stöldskyddsföreningen, SSF, har regler som kan beställas på SSF:s webbplats: www.ssf.nu.

SSF 200:4 Regler för mekaniskt inbrottskydd



Bild 73. CE-märke.

CE-märkning

VAD ÄR CE-MÄRKNING?

Byggproduktdirektivet (CPD, Construction Products Directive) inom EU syftar till att ta bort tekniska handelshinder för byggprodukter genom att ge ut harmoniserade Europastandarder (hEN). För glasprodukter sker detta genom CEN TC 129. Standarderna tas fram genom en öppen och transparent process och bygger på konsensus (numera genom majoritetsbeslut) mellan alla intressenter.

Produkter ska vara CE-märkta när de lanseras på marknaden (i Sverige liksom i en del andra länder är CE-märkningen frivillig, medan den i andra länder är obligatorisk. I praktiken är den därför obligatorisk även i Sverige. De stora leverantörerna av planglas kan inte avstå.) För att få CE-märkning, d v s överensstämmelse med CPD, måste en produkt uppfylla följande krav:

1. Genomgå typprovning (ITT, Initial Type Testing) – för att prestandan hos produkttypen ska kunna bestämmas och säkerställas.
2. Genomgå tillverkningskontroll (FPC, Factory Production Control) – permanent intern kontroll av ingående material, produktionsprocedurerna samt av färdiga produkter som tillverkaren utför för att uppfylla hEN-standarderna.
3. Överensstämma med lämpligt attestsystem.

CE betyder Communauté Européenne. CE-märkningen indikerar således att produkten överensstämmer med:

- alla villkor i byggproduktdirektivet,
- en harmoniserad Europastandard (hEN).

En CE-märkt produkt kan fritt passera nationella gränser, eftersom CE-märkningen visar att produkten uppfyller de egenskaper som redovisas och att den kan lanseras på marknaden. Det betyder dock inte att den utan vidare kan användas på marknaden ifråga, utan först måste dess prestandaegenskaper uppfylla gällande nationella krav.

HUR SER MAN ATT EN PRODUKT ÖVERENSSTÄMMER MED hEN?

När en produkt kommer ut på marknaden måste den åtföljas av en försäkran om överensstämmelse, som innefattar produktens funktioner eller avsedda användningsområden. I försäkran ska bl-a användningsområdet för produkten anges och det ska

finnas en kopia på informationen som medföljer CE-märkningen, dvs uppgift om prestanda hos produktens egenskaper.

NÄR SKA MAN BÖRJA CE-MÄRKA SINA PRODUKTER?

När en hEN-standard publicerats kan CE-märkningen av produkter påbörjas nio månader senare. Därefter finns en tolv månader lång ”övergångsperiod”, vid vars slut alla produkter måste vara CE-märkta.

Certifiering

P-MÄRKNING

P-märkningen är det certifieringsmärke som SP (Sveriges forsknings- och provningsinstitut) ger. Det står för att produkten är granskad och kontrollerad enligt regler som finns för varje produktområde. P-märkningen innefattar krav som kunder, marknad och myndigheter ställer och kan gå längre än myndigheternas grundkrav. Utveckling av certifieringsregler sker därför i nära samarbete med berörda tillverkare och användare. P-märkningen innebär också att tillverkaren måste ha ständig kontroll av kvaliteten, något som SP regelbundet övervakar. P-märkning finns för följande områden när det gäller glas:

- ▶ isolerrutor
- ▶ partier av glas och metall
- ▶ montage

MTK-AUKTORISATION

Sedan 1995 auktoriseras de företag av Glasbranschföreningen som arbetar med montage av brandklassade partier. Genom de krav auktorisationen ställer garanteras beställare att de utförda brandpartimontagen håller den kvalitet som regler och normer föreskriver. Brandauktoriseringen har nyligen utvidgat sitt åtagande att innefatta även annat montage. Det innebär att Brandauktorisering har bytt namn till MTK-auktorisering.

För att kunna bli ett MTK-auktoriserat företag krävs först och främst att företaget uppfyller ett antal baskrav gällande ekonomi, försäkringar, yrkeserfarenhet mm. Sedan tillkommer kraven på dokumenterad grund- och vidareutbildning, **MTK-behörighet**, för de medarbetare som ska utföra montage. Företaget lämnar in en lista på gjorda montage under året till Auktorisationsnämnden som väljer ut ett antal objekt för en uppföljningskontroll av montagen. Kontrollen kan ske antingen efter färdigt montage eller under pågående arbete. Kontrollerna genomförs av MTK (Monteringstekniska Kommittén).

SVENSK FÖNSTER- & DÖRRKONTROLL, SFDK

SFDK Godkännanderegler är ett branschgemensamt system för att godkänna fönster och ytterdörrar på den svenska marknaden enligt de krav som anges i de nya EN-standarderna och på de nivåer som branschen anser krävs för bra fönster och ytterdörrar i svenska bostäder och i övriga uppvärmda lokaler.

Huvudmannen för systemet är Svensk Fönster & Dörr Kontroll, SFDK inom TME, Trä- och Möbelindustriförbundet.

Se vidare www.sfdk.se.



Bild 74. P-märke.



Bild 75. MTK-märke.

För ytterligare information kontakta GEPVP (Sammanslutningen av europeiska planglastillverkare) som har en introduktionsskrift som kan laddas hem på svenska – gevpv.org

Ordlista

Några av de termer som används i handboken förklaras i detta kapitel. Sidhänvisning finns efter varje beskrivning i förekommande fall.

anlöpning	Gråaktig eller färgskiftande beläggning på glasyta uppkommen genom att alkaliska lösningar angriper silikatnätverket i glaset. <i>Se sid 16</i>
blyinfattat glas	Glas som monterats med H-profilerat blyband.
blästrat glas	Glas som bearbetats med små sandkorn. Matt yta som lätt blir fläckig och är svår att hålla ren.
borosilikatglas	Borhaltigt silikatglas med låg alkalihalt och med god resistens mot kemikalier och temperaturväxlingar. Används som brandglas. <i>Se sid 44</i>
brewster-linjer	Ett optiskt interferensfenomen där ljusvågor samverkar med eller motverkar varandra, så att vissa av ljusets färgkomponenter förstärks andra försvagas. Kan uppkomma i isolerrutor om glaset kommer i eller nära kontakt med varandra. Skillnad i tjocklek skall ligga inom ljusets våglängdsområde. Ger ett färgat mönster i form av linjer eller fransar på glaset. Kan liknas vid en oljefilm på glaset.
bröstningsglas	Glas som sitter i de ogenomsynliga delarna i en glasfasad. Övriga glas i glasfasader kallas fönsterglas.
bultat glas	Glas som monteras så att bultarna tar upp all belastning. <i>Se sid 25</i>
diffusion	Fukt/gasvandring som orsakas av skillnad i ångtryck.
direkt energitransmission	Transmission av solvärme rakt igenom glaset i procent av utvändigt belastning. <i>Se sid 57</i>
distanslist	Material som separerar glaset i en isolerruta. <i>Se sid 51</i>
EI-klass	Brandklass som innebär skydd mot rök, flammor och strålningsvärme. <i>Se sid 43</i>
EW-klass	Brandklass som innebär skydd mot rök och flammor samt att den uppmätta strålningen 1 m framför icke exponerad glasyta (kalla sidan) ligger under 15 kW/m ² . <i>Se sid 43</i>
E-klass	Brandklass som innebär skydd mot rök och flammor. <i>Se sid 43</i>

emaljerat glas	Glas som har täckmålats med en ogenomskinlig glaskeramisk färg. Emaljerat glas för glasfasader är vanligen målat på baksidan. Färgen "bränns" in genom att glaset härddas termiskt.
emissivitetsfaktor	Tal som anger ett materials förmåga att utstråla värme. <i>Se sid 48</i>
EMP	Elektromagnetisk puls.
EMS	Elektromagnetisk strålning.
etsat glas	Glas som behandlats med fluorvätesyra. Etsat glas ersätter alltmer blåstrat glas. Det är lättare att hålla rent. <i>Se sid 16</i>
falsbredd	Bredd på glasfals. Beskriver hur tjockt glaset inklusive fogband kan vara.
falsdjup	Djup på glasfals. Beskriver hur djupt glaset kan stickas ned i karm/båge inklusive ställplats: inbyggnadsdjup + klots + tolerans.
floatglas (flytglas)	Genomsynligt planglas som under ett skede i tillverkningen har flutit på en yta av smält metall (flytplaning) och samtidigt värmts uppifrån. <i>Se sid 15</i>
färgåtergivnings-index	Index för graden av färgåtergivning. Beskriver glasets påverkan på det infallande ljuset. <i>Se sid 72</i>
genomskinlig (translucent)	Som släpper igenom ljus.
genomsynlig (transparent)	Som släpper igenom ljus och bild (av lysande eller belysta objekt).
glas	Oorganisk smältprodukt som vid avsvälning blir hård och spröd utan att kristallisera. <i>Se sid 14</i>
glasbetong	lågliga glaskroppar som pressas samman och försluts.
granulering	Sönderdelning av härdat glas i små partiklar. Granulering av härdat glas kan ske spontant eller till följd av mekanisk åverkan. <i>Se sid 35</i>
haze	Disighet – ett optiskt fenomen där en del av i glaset transmitterat eller reflekterat ljus diffuseras (sprids i olika riktningar) i förhållande till resten av ljuset, som har parallella strålar. Ger en upplevelse av disighet i glaset. Om haze förekommer är det främst vid belagt glas med ganska tjockt skikt. Ytan hos detta skikt kan vara något mikroskopiskt rå. Denna ojämnheter kan orsaka en viss ljusspridning. I skiktet kan det även förekomma små kristaller som bryter och sprider en del av ljuset.

heatsoaktestat	Se värmetest. <i>Se sid 35</i>
härdat glas	
hårdbeläggning	Reptålig beläggning på glas som gör att glaset kan användas som enkelglas. <i>Se sid 49</i>
härdat glas	Glas som genom kemisk eller termisk behandling getts ökad drag- och böjhållfasthet. Om termiskt härdat glas går sönder spricker det upp i ett stort antal små granuler. <i>Se sid 34</i>
IR-strålning	Elektromagnetisk strålning vars våglängd är längre än ljusstrålningens och kortare än mikrovågornas, vanligen mellan 1 och 1 000 µm. <i>Se sid 20</i>
isolerruta (förseglad ruta)	Glasningsenhet bestående av två eller flera planglasskivor på visst avstånd från varandra, sammanfogade vid kanterna så att spalten mellan skivorna är helt avstängt från den omgivande atmosfären. Spalten är hermetiskt förseglad oftast med förseglingsmassa som dock medger viss diffusion av fuktig luft och av gas pga skillnad i partialtryck utanför och innanför. I spalten finns torkmedel som tar hand om fukten i indiffunderad luft. <i>Se sid 48 och 82</i>
järnfritt glas	Glas utan järnoxid för att undvika gröntoning.
kallras	Nedåtgående luftrörelse orsakad av att luft närmast glasyta kyla av glasyta med lägre temperatur. <i>Se sid 54</i>
kolloidal	Det verksamma ämnet finns i ren form med väldigt liten partikelstorlek "svävande" i en vätska.
kondens	Fukt som frigörs ur luft pga att ytan har lägre temperatur än luftens daggpunkt. <i>Se sid 66</i>
konvektion	Luftrörelse som orsakas av tryckskillnad. Egenkonvektion är tryckskillnad orsakad av temperaturskillnad. Påtvungen konvektion orsakas via exempelvis vind eller fläkt. <i>Se sid 48</i>
lamellglas (laminerat glas)	Enhet bestående av flera glasskikt som är förenade med hjälp av mellanliggande plastskikt. Ibland används autoklav och förhöjd temperatur som för PVB-folie. Vid gjutlamell sker härdning av skiktet genom UV eller med hjälp av bas och härdare. <i>Se sid 35</i>
LCD	Liquid Crystal Display, flytande kristaller. Används i lamellglas för att styra transmissionen.
limmad glasfasad (structural glazing)	Glasfasad där glaset limmats till en bakomliggande konstruktion. En limmad glasfasad ger en obruten glasyta utan synliga mekaniska infästningsanordningar (profiler, clips eller bultar). <i>Se sid 25</i>

ljusabsorption	Upptagande av ljusenergi i ett material. När ljus träffar en glasskiva återkastas en del av strålningen (reflexion). En annan del absorberas av glaset (absorption). Återstoden går igenom glaset (transmission). <i>Se sid 20</i>
ljusreflexion	Återkastande av ljus. <i>Se sid 20</i>
ljustransmission	Genomsläpp av ljus. <i>Se sid 20</i>
lågmissionsglas	Planglas med ett tunt skikt, vanligtvis av metall eller metalloxid, som endast i ringa grad utstrålar (emitterar) infraröd strålning. Till lågmissionsglas räknas vanligen glas med emissionsfaktor mindre än 0,20. Mjukbelagt glas består av metall, vanligtvis silver, och metallföreningar (oxider och nitrider) och hårdbelagt glas består av metalloxid, vanligtvis antimondopad tennoxid. <i>Se sid 48</i>
maskinglas	Genomsynligt planglas framställt genom kontinuerlig dragning av ett glasband antingen horisontellt eller vanligtvis vertikalt mellan ett antal valsar. När bandet stelnat kapas det upp i skivor av lämplig storlek. <i>Se sid 14</i>
mjukbeläggning	Repkänslig beläggning på glas vilken därför endast kan användas på insidan i isolerruta. <i>Se sid 48</i>
munblåst glas	Glas som blåses med pipa och planas ut. <i>Se sid 14</i>
mönstertryckt glas (screentryckt glas)	Emaljerat glas där de glaskeramiska färgerna har applicerats i ett visst mönster genom screentryckning. <i>Se sid 60</i>
nanometer, nm	Miljarddels millimeter, 10^{-9} .
newton-ringar	Samma optiska interferensfenomen som vid Brewster-linjer. Kan uppkomma vid isolerrutor om glasen kommer i eller nära kontakt med varandra i mitten. Det korta avståndet mellan glasen nära kontaktpunkten orsakar att ljusvågorna kommer ur fas och samverkar med eller motverkar varandra. Effekten blir koncentriskt färgade ringar och kan upplevas som oljefilm på glaset.
ogenomskinlig (opak)	Som inte släpper igenom ljus.
ogenomsynlig	Som inte släpper igenom bild (av lysande eller belysta objekt) men eventuellt släpper igenom ljus.
opak	Se ogenomskinlig.
ornamentglas	Valsat glas som försetts med mönster för att försvåra insyn. En annan term för ornamentglas är mönstrat glas.
photo voltaic	Laminerade glas med inbyggda solceller. <i>Se sid 29</i>

planglas	Glas som vid den ursprungliga tillverkningen framställts i form av plan skiva. Obearbetat planglas kan med hänsyn till framställningssätt indelas i blåst glas, floatglas, maskinglas och valsat glas. Gjutglas är ett planglas men tillverkas knappast nuförtiden. <i>Se sid 15</i>
pyrolysis	Metod att belägga glas genom sprayning på hett glas. <i>Se sid 49</i>
randeffekt	Effekt på innerglasets kanter i form av kondens pga distanslistens köldbryggeeffect i kombination med låg utomhustemperatur och/eller fuktigt inne.
reflexfritt glas	Etsat eller belagt glas för undvikande av störande reflexer.
screentryckt glas	Se mönstertryckt glas. <i>Se sid 60</i>
sekundär energitransmission	I glas absorberad energi som avges från glasytan till rum via konvektion och lågtemperaturstrålning. <i>Se sid 57</i>
silikonförseglad ruta	Isolerglas med silikon i stället för polysulfid avsedd för limmade glasfasader där limmet exponeras för UV-strålning.
självrengörande glas	Glas som gör underhållet lättare genom att ytan är belagd. <i>Se sid 22</i>
skyddsglas	Glas som skyddar sak och person mot vandalism, intrång, inbrott, beskjutning, explosion m.m. <i>Se sid 36</i>
sofaktör	Tal som anger den andel av solenergin som leds in i rummet (primär plus sekundär energitransmission). Sofaktorn uttrycks i % eller fraktil. <i>Se sid 57</i>
spegelglas	Glas som belagts med silver och skyddslack.
spontangranulering	Granulering av termiskt härdat glas utan synbar yttre påverkan. Spontangranulering orsakas av mikroskopiska inneslutningar av nickelsulfid i glaset. <i>Se sid 35</i>
structural glazing	Se limmad glasfasad. <i>Se sid 25</i>
strålning	Osynlig energitransport i form av elektromagnetisk vågrörelse.
säkerhetsglas (eng security glass)	Glas som förhindrar eller verksamt minimerar risken för personskador vid kontakt. <i>Se sid 34</i>
translucent	Se genomskinlig.
transparent	Se genomsynlig.
trådglas	Valsat glas med i glasmassan inneslutna trådnät av metall. <i>Se sid 44</i>

utfackningsvägg (curtain wall)	Icke bärande yttervägg som är placerad utanför den bärande stommen till vilken den är infäst. <i>Se sid 25</i>
UV-strålning	Elektromagnetisk strålning vars våglängd är kortare än ljusstrålningen, vanligen mellan 100 och 380 nm. UV-strålning kan ge solbränna och hudskador, liksom blekning av tex textilier. <i>Se sid 20</i>
U-värde	Värmegenomgångskoefficienten, anger den värmemängd som per tidsenhet passerar 1 m ² av konstruktion, vid en temperaturskillnad på 1 K. Anges i W/m ² K (Watt per m ² och temperaturskillnad grad K). U-värdet är ingen materialparameter utan anger värmegenomgången för en konstruktion. <i>Se sid 50</i>
varm kant	Distanslist i isolerglas med liten värmeledningsförmåga. <i>Se sid 52</i>
varmt glas	Isolerglas där det innersta glaset är elektriskt uppvärmt. <i>Se sid 22</i>
värmeförstärkt glas	Planglas som värmebehandlats och därvid fått viss grad av ökad hållfasthet. Vid brott spricker värmeförstärkt glas på liknande sätt som vanligt glas och inte i granuler som termiskt härdat glas.
värmetest (heatsoaktest)	Provningsmetod för termiskt härdat glas vid vilket så gott som alla de spänningar som orsakas av nickelsulfidinnestutningar utlöses. Vid värmetest upphettas glaset till ca 290°C under en viss tid. <i>Se sid 35</i>

Referenser

Webbplatser

Boverket www.boverket.se

Arbetsmiljöverket www.av.se

SIS www.sis.se

Svenska Stöldskyddsföreningen www.ssf.nu

Glasbranschföreningen www.gbf.se

MTK, Monteringstekniska Kommittén www.mtk.se

SP, Sveriges forsknings- och provningsinstitut www.sp.se

Glasforskningsinstitutet www.glafo.se

Svensk Fönster & Dörr Kontroll, SFDK www.sfdk.se

Litteratur

- Adamson, B. & Backman, H (1975). **Glas i hus**. Lund: Esselte Studium AB.
- Andresen, I. et al. (2002). **Intelligente fasader**, Glasmagasinet 2/2002.
- Andresen, I. et al. (2001). **Intelligente fasader – er doble fasader intelligent eller smart?**, Glass & Fassade, nr 3, 2001.
- Andresen, I. (2002). **Dobbeltfasader**. SINTEF, rapport STF22 A01 016.
- Behling, Sophia and Stefan. **Glass – Structure and Technology**. Glasstec, Düsseldorf 1999.
- Blum, H-J. et al. (2001). **Doppelfassaden**. Berlin: Ernst & Sohn.
- Bülow-Hübe, H & Lundgren, M. (2005). **Solskydd i arkitekturen**. Arkus.
- Carlson, P-O. (1992). **Glas möjligheterna material**. T16:1992, Byggforskningsrådet.
- Carlson, P-O. (2002). **Glasfasader, dubbelskalsfasader – krav och metoder**. Stockholm: Arkus.
- Carlson, P-O. (2008). **Bygga med metall och glas**. Glasbranschföreningen.
- Carlson, P-O. et al. (1985). **Överglasade rum**. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Carlson, P-O. & Gunsell, B. (1990). **Glasfasader**, T13:1990. Byggforskningsrådet.
- Compagno, A. (2002). **Intelligente Glasfassaden**. Birkhäuser.
- Flygt, E. (2005). **Boken om glas**. Växjö: Glafo. ISBN 91-631-6256-3.
- Fontoyont, M. (1999). **Daylight Performance of Building**. Lyons, France: Ecole National des Travaux Public de l'etat.
- Glas och energi**. (1982). Stockholm: Glasbranschrådet.
- Glas**. (1987). Rapport nr 168. Byggnadsstyrelsen.
- Hermelin, C-F. & Welander, E. (1980 och 1986). **Glasboken; historia, teknik och form**. Leganda AB.
- Hertsch, E. (1998). **Double skin facade**, Gartner.
- Hjerten, R. et al. (2001). **Ljus inomhus**. Arkus Byggförlaget.
- Höglund, I. et al. (1984). **Fönstertechnik** Byggförlaget. Stockholm.
- Isaksen, T. et al. (1990). **Fasader av glass og metall** Konstruksjoner og lysninger for nordiske forhold Håndbok 41, Norges Byggeforskningsinstitutt.
- Johannesson, C M. (1991). **Perspektiv på fönster**. Stockholm: Arkus, Byggförlaget.
- Loughran, P. (2003). **Falling glass**. Birkhäuser.
- MTK riktlinjer**.
- När husen fick glasögon**. Om fönsterglasets historia. Carlssons bokförlag, Stockholm 1988.
- Oesterle et al. (2001). **Double-skin facades**, Prestel. ISBN 3-7913-2346-6.
- Persson, R. (1969). **Flat Glass Technology**. London: Butterworths.
- Persson, R. (1965). **Planglas**. Stockholm: H W Tullbergs förlag.
- Poirazis H. (2004). **Double Skin Façades for Office Buildings**. Lund University.
- Ribbing, C-G. & Roos, A. (1990). **Alternativa fönsterbeläggningar – ljusspridning och stabilitet**. Rapport R75, Byggforskningsrådet. Glasbranschrådet. (1992). **Riktlinjer glastak, utgåva 2**. Stockholm.
- Schittich, C. et al. (2007). **Glass Construction Manual**, Birkhäuser.
- Svensson, A. & Åqvist, P. (2001). **Dubbla glasfasader**. Stockholm: skrift 37, Arkus.
- Wagner E. (2005). **Glasschäden**, Fraunhofer IRB Verlag.

Bygga med glas är en handbok som syftar till att underlätta tolkningen av föreskrifterna om glas i Boverkets byggregler BBR och kunna ställa funktionskrav vid upphandling. Boken ger också kopplingar och hänvisningar till branschens regler såsom Monteringstekniska Kommitténs, MTK:s, riktlinjer och Hus-AMA.



Glasbransch
FÖRENINGEN