

Glas som konstruktionsmaterial

En genomgång av glaskonstruktioners
användningsmöjligheter och dess brandsäkerhet.

Ida Hellund

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Ida Hellund

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, ingenjör (YH), Vasa

Inriktning: Byggnadskonstruktion

Handledare: Leif Östman (Novia)

Titel: Glas som konstruktionsmaterial

Datum: 21.02.2023 Sidantal: 43

Bilagor: 1

Abstrakt

Detta arbete har gjorts kring glas som material och de vanligaste profilsystemen. Syftet var att få en bättre översikt över glas som byggmaterial och vad man ska tänka på vid konstruktionsplanering. Detta examensarbete utfördes åt IdeaStructura i Karleby. Det var även företagets önskan att en handbokslikande text skulle tas fram. Metodval har varit litteraturstudier om bestämmelser och anvisningar samt undersökning av vad företag har för glasprodukter att erbjuda.

I examensarbetet presenteras fakta om glas som byggmaterial, glasets egenskaper, samt de vanligaste glas- och ramsystemen. I slutet av arbetet beskrivs även hur man brandsäkrar byggnader.

Språk: svenska

Nyckelord: glas, glaskonstruktion, glassystem, ramsystem, brandsäkerhet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Ida Hellund

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Ohjaaja(t): Leif Östman (Novia)

Nimike: Lasi rakennusmateriaalina

Päivämäärä: 21.2.2023

Sivumäärä: 43

Liitteet: 1

Tiivistelmä

Tämä työ on tehty lasin materiaalin ja yleisimpien profiilijärjestelmien ympärille. Tavoitteena oli saada parempi käsitys lasista rakennusmateriaalina ja mitä tulee ottaa huomioon rakentamisen suunnittelussa. Tämä opinnäytetyö tehtiin IdeaStructuralle Kokkolassa. Yrityksen toive oli myös saada käsikirjamainen teksti. Menetelmänä on valittu kirjallisuustutkimuksia määräyksistä ja ohjeista sekä tutkimus siitä, millaisia lasituotteita yrityksillä on tarjota.

Opinnäytetyössä esitellään faktoja lasista rakennusmateriaalina, lasin ominaisuuksista sekä yleisimmistä lasi- ja runkojärjestelmistä. Työn lopussa kuvataan myös rakennusten tulenkestämistä.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: lasi, lasirakenne, lasijärjestelmä, runkojärjestelmä, paloturvallisuus

BACHELOR'S THESIS

Author: Ida Hellund

Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa

Specialisation: Structural Engineering

Supervisor(s): Leif Östman (Novia)

Title: Glass as a Construction Material

Date: 21.2.2023 Number of pages: 43

Appendices: 1

Abstract

This work has been done around glass as a material and the most common profile systems. The aim was to get a better overview of glass as a building material and what to consider when planning construction. This thesis was carried out for IdeaStructura in Kokkola. It was also the company's wish that a manual would be produced. The choice of method has been literature studies on regulations and instructions as well as research into what kind of glass products companies have to offer.

The thesis presents facts about glass as a building material, the properties of glass, as well as the most common glass and frame systems. At the end of the work, how to fireproof buildings is also described.

Language: Swedish

Key words: glass, glass construction, glass system, frame system, fireproof

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Beställare och bakgrund.....	2
1.2	Syfte och målsättning.....	2
1.3	Metodval.....	3
1.4	Avgränsningar.....	3
1.5	Översikt över innehållet.....	3
2	Problematik.....	3
2.1	För- och nackdelar med glas.....	4
2.2	Vattenläckor.....	4
2.3	Brand.....	6
2.4	Miljökonsekvenser.....	6
2.4.1	Glasproduktion.....	6
2.4.2	Växthuseffekten.....	7
3	Historia.....	7
4	Glastyper.....	9
4.1	Vanligt glas.....	10
4.2	Härdat glas.....	10
4.3	Värmeförstärkt glas.....	10
4.4	Lamellglas.....	11
4.5	Trådglas.....	11
5	Funktionsglas.....	11
5.1	Isolerglas.....	11
5.2	Skyddsglas.....	12
5.3	Energisparglas.....	12
5.3.1	U-värde och emissionsfaktor.....	13
5.4	Solskyddsglas.....	13
5.5	Solenergiglas.....	13
5.6	Självtvättande glas.....	13
5.7	Eluppvärmda glas.....	14
5.8	Elektroniskt tonade rutor.....	15
5.9	Brandskyddsglas.....	16
6	Glassystem.....	16
6.1	SG-system.....	17
6.2	Dubbelglasfasad.....	19
6.2.1	Double skin facade.....	20
6.2.2	Closed Cavity Facade.....	23

6.3	Glasfasad med punktfästen	24
7	Ramsystem.....	24
7.1	Självbärande aluminiumprofil	24
7.1.1	Aluminium som ramsystem.....	25
7.2	Aluminiumprofiler med stålprofilram med den så kallade nollremsan	26
7.3	Fasadsystem med och utan täcklock	26
8	Bestämmelser och anvisningar.....	27
8.1	Miljöministeriets förordning	30
8.2	Eurokod 1991-1-2.....	30
8.3	Markanvändnings- och bygglagen 1999/132	31
9	Brandsäkerhet.....	31
9.1	Brandklasser	32
9.2	Brandsäkra glas.....	33
9.2.1	Dimensionering av vanligt glas	33
9.2.2	Sapa, Swedoor och Purso.....	34
9.2.3	Pilkington.....	36
9.2.4	Tjocklek och kvalitet.....	36
9.3	Brandsäkra fogar	38
10	Diskussion	39
11	Litteraturförteckning	41

Bilageförteckning:

Bilaga 1: Handbok: planering av glaskonstruktioner

1 Inledning

Alla känner till glas och blir imponerade över höga byggnader som utåt sett ser ut att vara gjorda av glas. Det många inte tänker på är att det finns mycket planering bakom varje byggnad och konstruktion. Detta examensarbete på yrkeshögskolenivå behandlar olika glassorter, ramsystem och egenskaper hos glas. Brandsäkerhet vid glaskonstruktioner och hur man ska brandsäkra byggnader vid just glaspartierna beskrivs. I slutet av arbetet finns också en guide på hur konstruktionsplanerare ska välja glas och glassystem med tanke på förutsättningar.

Förut använde man mycket glas som utsmyckning i till exempel kyrkor men idag ser det lite annorlunda ut. Glas har på senaste tiden blivit ett vanligt byggnadsmaterial. Idag används glas både som utsmyckning och i bärande element. Det byggs designade och futuristiska glaskonstruktioner och glashus med mycket ljusinsläpp. I stora städer som exempelvis Dubai, i Förenade Arab Emiraten, finns det många höga hus med en glasfasad, se figur 1. Utvecklingen går snabbt framåt och idag finns det glas som står emot värmeflödet, skyddar mot solljus, står emot bränder och beskjutningar och glas som har en varierad transparens.



Figur 1. Höga hus med glasfasader i Dubai.

Inom den privata sektorn använder man glas främst som stora glaspartier i ytterväggar för att skapa ett ljust och modernt utseende på ett hus. Dessa stora fönster eller glaspartier kan

också fungera som bärande konstruktioner i husen, men oftast finns det bärande pelare och balkar sidan om glaset. Byggandet av inglasade terrasser och balkonger har också växt mycket de senaste decennierna. Små skiljeväggar av glas inne i hus fungerar bra om man vill dela upp utrymmen utan att det börjar kännas instängt och man vill fortsätta att hålla den öppna planlösningen. Exempel på detta kan vara ett kontorsutrymme, sovrum eller klädesrum.

Det största användningsområdet är nog glasfasader på byggnader, speciellt kontorshöghus och allmänna byggnader. Att sätta glas på fasaden antingen som bärande element eller som en extra fasad utanpå ger en bild av exklusivitet. Inglasade balkonger är också något som börjar bli en självklarhet idag när nya bostadshus byggs. Att lägga glas som mellanväggar är också här populärt, speciellt i kontorsutrymmen när man vill ha det öppet men ändå skilja av rum. I skolor har man också börjat använda skiljeväggar av glas, men där kan dock problem med koncentrationen då uppstå.

1.1 Beställare och bakgrund

Detta examensarbete har blivit gjort åt IdeaStructura i Karleby. IdeaStructura finns beläget i Helsingfors, Tavastehus, Karleby, Kuopio, Nyslott och Tammerfors. Företaget är en konstruktionsplaneringsfirma som erbjuder både nybyggnation och renoveringstjänster. De arbetar också med att skadegranska byggnader. Företaget bedömde att de behövde mera kunskap om glaskonstruktioner och brandsäkerhet i planeringsskedet. Glas av alla dess slag används alltmer idag och ämnet är relevant för en konstruktionsplanerare. Företaget ville också ha en handbok var man sammanställt hur man som planerare ska tänka när man konstruerar ett projekt med glas. Glaskonstruktioner i byggnader är också något som alltid intresserat mig, så det passade bra som huvudämne för arbetet.

1.2 Syfte och målsättning

Målsättningen med detta arbete är att få en djupare kunskap om glas som material och tillhörande konstruktiva lösningar. Detta görs genom att gå igenom glasets historia, vilka olika ramsystem tillsammans med glas som erbjuds idag och vilka risker som finns. Även via att utveckla en manual för företaget.

1.3 Metodval

Detta arbete grundar sig på litteratursökning från böcker och leverantörers hemsidor. Även finländska standarder och bestämmelser bildar en grund till arbetet. Material till detta arbete har också erhållits genom undersökning av vad olika företag erbjuder för faktauppgifter, tjänster och produkter när det kommer till teknisk information, anvisningar, glaskonstruktioner, glasprodukter och brandsäkerhet. Inga egna undersökningar har gjorts i samband med detta arbete. Då glas är ett ämnesområde där det inte finns mycket faktalitteratur, speciellt gällande funktionsglas och glassystem, är man beroende av information från leverantörer.

1.4 Avgränsningar

Eftersom glaskonstruktioner i sig är ett väldigt brett ämne har jag valt att begränsa arbetet. Jag har även valt att inte ta upp olika system och anslutningar som finns mellan glaskonstruktionen och väggkonstruktionen. Denna anslutning är ofta något som inte ingår vid köp av glaspartier och det blir konstruktörens arbete att hitta en lämplig lösning. Arbetet kommer fokusera på aluminium- och stålramar och inga träramar. Inte heller har jag tagit upp och jämfört olika glastillverkare. Jag valde även att inte göra några egna mätningar eller praktiska test då arbetet ändå har tillräckligt med innehåll utan egna undersökningar.

1.5 Översikt över innehållet

Arbetet är indelat i olika kapitel. Det börjar med att lyfta fram problematik kring glas, så som vattenläckor, brand och miljökonsekvenser. Efter det ser man på glasets historia, främst glasets utveckling och hur det kom att bli ett vanligt byggnadsmaterial. Arbetet går sedan vidare att lyfta upp olika glastyper och funktionsglas som kan tillämpas till glas. Exempel på detta är skyddsglas, isolerglas, solenergiglas och självtvättande glas. Sedan går den igenom de vanligaste glas- och ramsystemen, var det fokuseras mest på SG-system och dubbelskalsfasad. Brandsäkerhet går sedan igenom och sist i arbetet finns en kort handbok i hur man som planerare kan tänka när man konstruerar i glas.

2 Problematik

Glas är ett populärt byggnadsmaterial, men där finns även en del problem att ta i beaktande. När man tänker på glas är det i första hand som fönster, vare sig det gäller traditionella fönster på hus och byggnader eller utsmyckningar på speciella byggnader såsom kyrkor. Vid

konstruktion av höghus och andra höga byggnader med glasfasader uppstår utmaningar beträffande bland annat placering av pelare och balkar i förhållande till exteriören.

Man kan göra nästan vad man vill med glas i dagens läge, men det bör även vara säkert att bo och leva i dessa byggnader. Några uppenbara faror med glas är att det spricker lättare än andra material i jämförelse med till exempel betong och stål. Glaset i sig kan också vara svårt att upptäcka både för människor och djur. Därför kan det krävas att glaset är markerat på något sätt, till exempel om det handlar om dörrar och mellanväggar. Eftersom glas är ett genomskinligt material kan det också uppstå frågor om personlig integritet, till exempel i ett kontorslandskap. Man kan förslagsvis tillsätta gardiner eller persienner, ha frostning på glaset eller använda sig av så kallade LCD privacy smart glass.

2.1 För- och nackdelar med glas

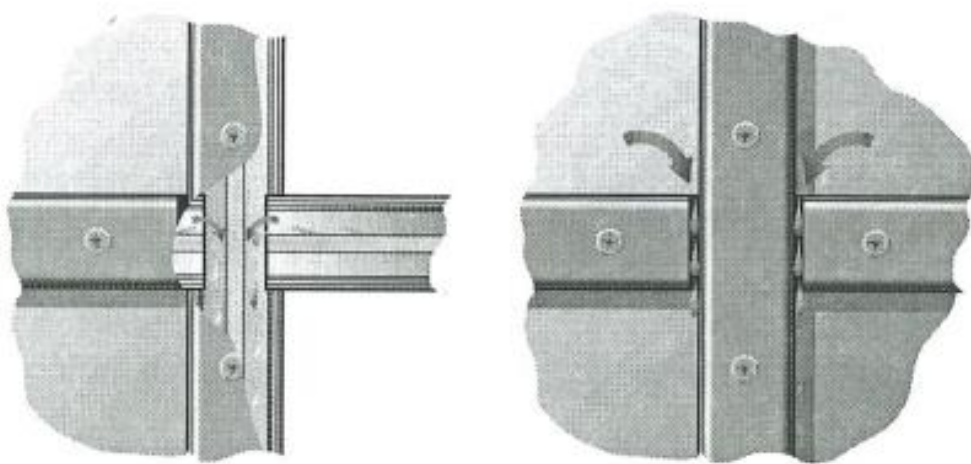
Det finns många fördelar med att använda glas som konstruktionsmaterial. Glas är estetiskt fint, modernt och kan ge ljus i båda riktningarna. Materialet står bra emot väder och vind och är i många fall lätt att sköta i städsyfte. Använder man glas som väggar inomhus, så som exempelvis mellanväggar i kontorsutrymmen, är de för det mesta tunnare, vilket resulterar i mera golvutrymme. Glas rostar inte och dammar inte och i dagens läge finns det glas som man inte behöver tvätta utvändigt, mera om detta senare i arbetet. Glas har en smältpunkt vid 1400 till 1600 ° C. Detta i sig innebär att glas står emot en brand relativt bra, problemen kommer främst vid anslutningarna och vilka brandegenskaper glaset har. (Housing, u.d.).

Nackdelar med glas är att det är känt för att vara ett skört material, men detta är dock inte alltid sant vad gäller dagens glasprodukter. Glasprodukter är generellt dyra och tål dåligt stora rörelser så som jordbävningar. Glas absorberar värme och detta innebär i sin tur att byggnader med stora glaspartier kan fungera som ett växthus och därför inte lämpar sig i länder med varmt klimat. Man kan heller inte värmeisolera och ljudisolera glasväggarna på samma sätt i trästommar eller betongstommar. En uppenbar nackdel med glas är att de blir snabbt smutsiga av till exempel handavtryck. (Housing, u.d.).

2.2 Vattenläckor

Snedregn, regnavrinning, vattendämning, snöslask och snödrivor belastar konstruktioner. För att vattenläckor och skador ska uppstå vid fönster krävs ofta mycket vatten, antingen via regn eller snösmältning och att vinden blåser i en ofördelaktig vinkel. Vattenskadorna uppstår oftast vid fogar, det kan gälla fogen mellan fönstret och plåten eller mellan fönstret och

fasaden. Vatten som trängt in i fasaden kan vara osynliga till en början och svåra att upptäcka. Det kan också vara svårt att hitta med tanke på vilken höjd skadan kan befinna sig på. Konstruktionen ska inte bara vara tillräckligt tät, utan också utformad på ett sådant sätt att överloppsvattnet kontrolleras. Ett typiskt dräneringssystem inom profilstrukturen vid glaskonstruktioner bygger på så kallade dräneringsspår, som ska göra så att vatten hamnar på ett kontrollerat sätt, antingen utanför byggnaden eller i byggnadens avloppssystem. Ett exempel på detta illustreras i figur 2. Konstruktionen måste bibehålla sin täthet och funktionalitet vad gäller vattenavloppskanalerna, även trots termiska rörelser, tillåten sättning etcetera. Glasstrukturerna måste också vara tillräckligt ventilerade så att inte kondens bildas mellan skivorna. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).



Figur 2. Dräneringsfåra vid fönster (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).

Glastak kan också utsättas för tung smältande snö och så kallade isdammar. Isdammar innebär att vattenströmmen bromsas upp och orsakar översvämningar. Dränering ska kunna ske obehindrat. Dammar och storleken på snölasten på glaset påverkas också av temperaturen i utrymmet under taket, värmeflödet genom taket och minskningen av snölasten på grund av glidande snö och eventuell ansamling av snö och is. Som en generell regel kan till exempel 27° på takvinklar betraktas som minimum för profilsystem utrustade med stiftlister, men beroende på system kan det variera mellan 15° och 30° . Aluminiumprofiler passar bra till glastak, likaså stålprofiler. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).

2.3 Brand

Fastän man idag bygger mycket mera byggnader med mera ljusinsläpp genom glas bidrar detta inte i sig till någon svårighet i brandteknisk mening. Huvudfokus vid brandsäkerheten av glaskonstruktioner ligger på personsäkerhet och hur man ska kunna ta sig ut ur bygganden i händelse av brand. Den lokala brandmyndigheten behöver granska och godkänna glaskonstruktioner i god tid. Man ta hjälp av en opartisk brandteknisk expert. Mera om hur man löser problematiken tas upp i kapitel 9 som innefattar brandsäkerhet. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).

2.4 Miljökonsekvenser

Glas i sig är inte så skadligt för naturen då materialet är kemiskt stabilt och återanvändbart. Det är dock produktionen av glas som är problemet för miljön. Glas innehåller bly som frigörs tillsammans med arsenik vid glastillverkningen och dessa är giftiga ämnen för naturen. Ett miljövänligare alternativ skulle kunna vara att ersätta bly och arsenik med antimon och zink. (Lundkvist, u.d.).

Den omfattande användningen av glas i byggnader kan alltså vara kontraproduktiv för globala ansträngningar för hållbara och gröna byggnader. Eftersom sådana byggnader använder mycket energi för att värma och kyla ner inomhusklimatet är de flesta experterna överens om att glasfasadbyggnader inte passar i de flesta klimat. Icke-genomskinliga väggar, såsom trä- och betongväggar, ger lägre energiförbrukning eftersom värmen överförs till ytterväggarna i långsammare takt. (Housing, u.d.).

2.4.1 Glasproduktion

För att tillverka ett ton glas krävs cirka 4,5 miljoner watts energi och detta ger upphov till ungefär 175 kg i gruvavfall och 12,7 kg i luftföroreningar. Återanvänder man gammalt glas minskar vattenåtgången med 50% och luftföroreningarna minskar med 20%. Detta på grund av att man inte behöver använda lika mycket råmaterial. Att återvinna är även viktigt med tanke på att det kan ta en miljon år tills glas bryts ner i naturen, dock finns inga farliga ämnen kvar i glaset efter den tiden. Glasåtervinning minskar utsläpp av växthusgaser och det reducerar föroreningar som bland annat kan ge surt regn. (GlasWeld , u.d.).

Smältningen är det viktigaste vid glastillverkningen. Vid en temperatur på 1 400—1 550 grader Celsius smälts alla råvarorna ner i en glasugn och bildar därefter en flytande

glasmassa. Massan kallnar sedan till en temperatur på mellan 1 050 och 1 200 grader Celsius. Då kan man forma glaset genom blåsning, centrifugering, pressning eller gjutning. Därefter kyls glaset ner och tar fast form. Glas är i varmt tillstånd mjukt och formbart, men sprött och skört när det är kallt. Handgjort glas är en konst i sig att bearbeta och kräver ett helt arbetslag där det viktigaste verktyget är glasblåsarpipan. Maskintillverkat glas gjuts å andra sidan i en form och formas sedan med tryckluft.

I dagens glasindustri finns det tre produktområden: planglas som är vanliga fönsterglas, säkerhetsglas, isolerrutor, och bilglas. Det finns även så kallat konstglas som innebär hushålls- och prydnadsglas och det sista som är förpackningsglas. (Tekniska Museet, u.d.).

2.4.2 Växthuseffekten

I moderna byggnader var stora delar av fasaden är av glas, stöter man på problemet hur man undviker att byggnaden blir som ett växthus. Moderna kontorsbyggnader byggs ofta med stora glasfasadssystem där man vill maximera utsikten och dagsljuset, minska på energibehovet och möta alla krav som ställs.

En milstolpe under det sista decenniet av föregående århundrade, var utvecklingen av *Double Skin Facade*, även kallat DSF, som främst används vid höghusbyggen. DSF kan uppfylla kraven på grund av deras förbättrade termiska prestanda och integrerade solavskärmningssystem och de har främst använts i kalla och tempererade klimat. Mera om detta system tas upp i kapitel 6.2.

3 Historia

Glas är det första av människor-gjorda fasta material som är genomskinligt. De som först upptäckte detta material var troligen mäktiga imponerad hur en röd glödande vätska kunde stelna och bilda något så skarpt och genomskinligt som reflekterade ljus. (Henderson, 2013).

Det är fortfarande osäkert var tillverkningen av glas har sitt ursprung. Det man vet är att man av en slump, när koppar smältes, upptäckte en aska som kunde användas för att glasera keramik. Artiklar ger bevis på detta och fynden som har hittats i Mesopotamien går tillbaka till 400-talet f.Kr., medan andra fynd från 300-tal f.Kr. grävdes ut i Egypten. Från mitten av 100-talet f.Kr. började ringar och små figurer dyka upp. Kärnlindningstekniken möjliggjorde även tillverkning av små glas, vaser etcetera. från den trögflytande, ogenomskinliga smältan. En sandkärna innehållande lera fästes på en stång, doppades i det smälta glaset och vändes

runt sin egen axel för att skapa en tjock "glastråd" som fäste vid den. Denna rullades därefter till en lämplig form på en plan yta och kärnan avlägsnades efter kylning. Först efter att syriska hantverkare i Sidon Regionen uppfann blåsjärnet omkring 200 f.Kr. blev det möjligt att tillverka tunnväggiga ihåliga kärl i en mängd olika former. Gaffeln eller blåsaren samlar smält glas på änden av en 1,5 m ihålig stång och blåser in detta i ett tunnväggigt kärl. (Henderson, 2013).

Utgrävningar från romartiden har avslöjat att glas först användes som en del av byggnadsskalet i villor i Pompeji och Herculaneum och vid offentliga bad. Dessa rutor installerades antingen utan ram eller fick en brons- eller träram. Rutorna mätte ca. 300 x 500 mm och var mellan 30 och 60 mm tjocka. Med romarna spred sig denna teknik för glastillverkning även till norra alpmråden. Efter migrationsperioden återupplivades den romerska traditionen först av de merovingiska frankerna. Föremål bevarade från tidig medeltid inkluderar mastoskärl, drickshorn och klobägare. Dessa bruksföremål fortsatte att tillverkas ända in på högmedeltiden, även om glasproduktionen nu mer och mer kretsade kring byggandet av kyrkor och kloster. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

Avsevärda framsteg gjordes inom alla områden av glasproduktion under 1800-talet. 1856 patenterade Friedrich Siemens en förbättrad version av smältugnen; detta rationaliserade verksamheten och halverade mängden bränsle som krävdes. Effektiviteten i produktionen ökade och priserna sjönk. Runt 1900 utvecklade amerikanen John H. Lubbers en mekanisk process för att kombinera blåsning och dragning. Med denna process blev det nu möjligt att erhålla längder på 12 m och diametrar på 800 mm. Men innan rutan kunde tillverkas var det så kallade omvägen via skärning och formning av cylindern fortfarande nödvändig. En speciell svårighet var att vrida cylindern till ett horisontellt läge. Glasskivor för obegränsad gångtrafik hade funnits sedan mitten av 1800-talet. Thaddeus Hyatt hade lagt dem, inramade i metall, i trottoarer i England för att släppa in ljus i källare. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

Maskintillverkade glasrutor av god kvalitet blev inte möjliga förrän omkring 1905, då Emile Fourcault från Belgien lyckades dra dessa direkt ur glassmältan. I denna process sänktes ett munstycke av bränd lera ner i det smälta glaset, som rann ut genom en slits, greps av järntång och drogs, medan det kylde, vertikalt uppåt, som honung. I Amerika patenterade Irving Colburn en liknande metod 1905 som kallas Libbey-Owens-processen. Glasskivan mätte 2,5 m tvärs över och tjocklekarna varierade mellan 0,6 och 20 mm. Tjockleken definierades av dragningshastigheten: snabbare dragning gav tunnare skivor. Processen, som tillämpats av

Pittsburgh Plate Glass Company sedan 1928, kombinerade fördelarna med de två metoderna ovan, vilket ökade produktionshastigheten ytterligare. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

I takt med att de tre processerna förbättrades blev polerat plåtglass med sina höga produktionskostnader mer och mer föråldrat. 1919 lyckades Max Bicheroux ta ett viktigt steg i produktionen av gjutet glas. Produktionsprocessen, som tidigare var uppdelad i flera steg, koncentrerades nu till ett kontinuerligt valsverk. Från början av 1900-talet gjordes experiment med flytande glas, till en början utan framgång dock, tills Alastair Pilkington på 1950-talet utvecklade flytglasprocessen på, som idag fortfarande utgör grunden för den mesta av glasproduktionen. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

Om man går tillbaka i tiden och tittar på fönstrets roll i vanliga egnahemshus ser man en helt annan inställning till fönstren till skillnad från hur vi ser på saken idag. I denna tidsålder saknades tid och fritid för att vistas i dessa rum under dagen. Dagsljus var nödvändigt för arbetet och detta skedde normalt utomhus. Öppningen i ytterväggen kunde betraktas som mer av en svag punkt: den fick kämpa med vind och väder, med faror som närmade sig utifrån, för att upprätthålla ett skyddat inneklimat under hårda vintrar. Från region till region användes olika lokalt tillgängliga material för att stänga öppningar, t.ex. tunna, skrapade hudar, djurlåsar, duk och liknande material, eftersom glas förblev mycket dyrt fram till en mycket senare tidpunkt. Materialen var dessutom oljade eller smorda för att göra dem vattenavvisande och så vindtäta som möjligt. Beroende på invånarnas tradition och välstånd fästes materialen på gångjärns- eller skjutbara ramar, fönstren bestod nu av både fasta och rörliga element. Denna svaga punkt i väggen har följaktligen en rad svåra krav att uppfylla: å ena sidan finns önskan om en öppning för att släppa in ljus och luft i interiören och å andra sidan ett behov av skydd för vind, väder och liknande obehag. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

4 Glastyper

Eftersom glas räknas som ett sprött material medför detta att sprickor kan förekomma utan en plastisk deformation. En plastisk deformation innebär att en kraft trycker på material och ändrar på materialets utformning och materialet kan inte gå tillbaka till hur det ser såg ut innan. Draghållfastheten hos glas är mindre än tryckhållfastheten, det vill säga glas klarar bättre av en kraft trycker mot sig än att glaset dras ut. Även kraften att klara av långvariga laster så som snö och egenvikt är sämre än förmågan att klara av kortvariga laster. Värms en

glasruta upp ojämnt, exempelvis vid skuggning, kan glaset spricka vid extrema fall. Detta är ännu vanligare bland reflekterande eller färgade glas. (Augustson & Olofsson, 1991).

Genom att modifiera ytan på glaset kan man minska på emissionsfaktorn, vilket innebär att mera värme reflekteras och mindre värme strålar ut. Emissionsfaktorn ligger på 0,85 för vanligt glas, får man talet under 0,2 kallas glaset för ett lågemissionsglas. När det kommer till solskyddsglas finns det reflekterande eller absorberande. De reflekterande glasen är oftast täckt med ett tunt skikt metall eller metallföreningar, men de absorberar ändå en del solljus. De absorberande glasen å andra sidan är ofta genomfärgade. Som följande har jag räknat upp olika glastyper och vad de innebär. (Augustson & Olofsson, 1991).

4.1 Vanligt glas

Vanligt glas är vad som avses med ofärgat planglas som vanligen är av floattyp. Floattyp innebär att glasmassan fått flyta på en bädd av smuttet tenn, detta för med sig att ytan blir plan. Floatglas skiftar lite i grönt men är i stort sett transparent. Detta glas förekommer ofta i vanliga fönster men är rätt skört och rekommenderas inte som innertak. (Augustson & Olofsson, 1991).

4.2 Härdat glas

Härdat glas har en draghållfasthet som är 4–5 gånger så starkt som vanligt glas. Detta efter glaset värmts upp till ungefär 600 °C och sedan genast kyls ner. Detta bildar ett glas som är termiskt härdat. En nackdel med härdat glas är att det inte går att bearbeta efter härdning och minimitjocklek är 6 mm. Ett härdat glas spricker inte som vanligt glas utan granulerar till små bitar. Ibland kan glaset granulera spontant, detta på grund av nickelsulfider som är insprängd i glasmassan. Det härdade glaset finner man i glasfasader och som ytterglas i glaskonstruktioner. Lika som i föregående avsnitt om vanligt glas är inte heller härdat glas att rekommendera som innertak. Skall man mot förmodan använda glaset för ett innertak krävs någon form av skydd då risken för nedfall alltid finns. Denna skyddsanordning gäller även för vanligt glas. (Augustson & Olofsson, 1991).

4.3 Värmeförstärkt glas

Värmeförstärkt glas värms också upp till 600 °C och sedan kyls det långsamt ner, i jämförelse med det härdade glaset där man har en snabb nedkylning. På detta sätt blir hållfastheten dubbelt så stor i jämförelse med vanligt glas och en risk för spontangranulering

finns egentligen inte. Detta glas är ett populärt alternativ utomlands, till exempel i USA, vid glasfasader. Jämför man med Sverige förekommer inte denna form av glas speciellt mycket. Där används härdat glas mest till glasfasader. (Augustson & Olofsson, 1991).

4.4 Lamellglas

Med lamellglas menas två eller flera skivor av glas med ett mellanliggande skikt gjord av plast. Detta glas passar för takkonstruktion eftersom laminatet mellan glasen håller bitarna på plats vid eventuellt bräckage och därför minskar även risken för nedfall. Detta glas används ofta som säkerhetsglas i balkongglas, skyltfönster och glasräcken. Den minsta glastjockleken vid takkonstruktion är i normala fall 4 mm + 4 mm. Glaskanterna är däremot känsliga för långvarig påverkan av vatten och man behöver ha detta i åtanke vid planeringen. Glaset lämpar sig också bra som isolerrutor i glasinnertak. (Augustson & Olofsson, 1991).

4.5 Trådglas

Trådglas är vanligt glas som är armerat med ståltråd. Ett trådglas har lägre hållfasthet än det vanliga glaset, men det finns fördelar med glaset ur brandteknisk synpunkt. Med tanke på risker för sprickor som kan komma av brottanvisningar vid trådändarna, rekommenderas att detta glas används i konstruktion med en stor lutning, minst 45°. Den rekommenderade maximibredden på glaset är 900 mm. (Augustson & Olofsson, 1991).

5 Funktionsglas

Glaset uppgift var först att släppa in ljus och skapa en möjlighet att se ut ur en byggnad, samtidigt som glaset skulle skydda mot vind och väder. Idag har glaset samma grundfunktion men med många fler möjligheter. Man vill nu skapa ett så pass bra inomhusklimat som möjligt, samtidigt som man vill minska på miljöpåverkan och energiförbrukningen. Som följande finns listat egenskaper man kan tillsätta till glas.

5.1 Isolerglas

Isolerglas är som det låter, ett glas med isoleringsegenskaper. Uppbyggnaden är sådan att minst två glas placeras med ett visst avstånd emellan varandra och är förseglade vid kanterna så inget kommer ut. Mellan skivorna finns torr luft eller argongas, detta mellanrum är

vanligen mellan 9 och 15 millimeter. Detta glas kan i sin tur ha egenskaper av till exempel energisparglas eller solskyddsglas, som båda tas upp inom kort. (Signe, u.d.)

5.2 Skyddsglas

Skydds- och säkerhetsglas används för att förhindra skador såsom skärskador, fallrisker, beskjutningar, vandalism och inbrott. Dess säkerhet ökar desto tjockare rutan är. Användningsområdet är stort, men några exempel på var skyddsglas respektive säkerhetsglas används kan vara fasader, dörrar, fönster, tak, mellanväggar och golv. Av alla material som skyddar mot beskjutningar, vandalism och inbrott med mera är det bara glas som även kan släppa in dagsljus och göra byggnader inomhus mera öppna och trevligare och det är därför ändamålsenligt att använda sig av skyddsglas och inte stänga in en byggnad med till exempel betongväggar. Se även kapitel 8. (Pilkington, 2022).

Skyddsglas kan vara uppbyggt av laminerat glas eller som en kombination av laminerat glas och härdat glas. Dessa används främst för att minimera effekten av angrepp, skydda mot glasedfall och tryckbelastningar och ovarsam behandling. Vet man dock hur man ska krossa ett fönster är detta glas inte särskilt säkert och lämpar sig inte som skydd mot inbrott och vandalism. Ställs det krav på skyddsklass bör man åtminstone använda ett laminerat glas som i vissa situationer även kan vara härdat. Det laminerade glaset har som funktion att fördröja genomträngning, vare sig det är tal om en olyckshändelse eller med avsikt. Styrkan på det laminerade glaset beror på hur tjocka glasskivorna och folien är och hur många lager av dessa som finns. (Pilkington, 2022).

Säkerhetsglas är gjorda av termiskt härdat eller laminerat glas och används främst för att förhindra personskador genom att förhindra skärskador och glassplitter. Skulle detta glas spricka, granulerar det till bitar som inte är vassa, vilket förhindrar skärskador. Detta glas skall klara av tunga föremål som faller, dessa får ej vara vassa, sparkar eller person som faller. Dessa glas eliminerar även risk för termiska sprickor, vilket är viktigt vid glas som fångar mycket värme. (Pilkington, 2022).

5.3 Energisparglas

Värmeisolerat glas, även kallat energisparglas, förbättrar inomhusklimatet genom att minimera strålningsdrag och kallras. Genom att använda dessa glas behöver man inte värma upp byggnader i lika stor utsträckning. I och med detta bidrar energisparglas till en minskad energianvändning. Energisparglas är uppbyggd på floatglas med ett tunt metallskikt som en

beläggning på glaset. Metallskiktets uppgift är att släppa igenom kortvågig solenergi men reflektera tillbaka den långvågiga rumsvärmen. (DOFAB, u.d.)

5.3.1 U-värde och emissionsfaktor

Värmegenomgångskoefficienten som kan beskrivas som U-värdet berättar hur bra isoleringen i en byggnadsdel är. Enheten som beskriver detta är W/m^2K och en bättre isolering resulterar i ett lägre U-värde. I Norden är det skäl att välja ett glas med treglasrutor då klimatet är kallt. Emissionsfaktorn beskriver å andra sidan vilken andel av värmen som strålar ut från glasets yta. Om emissionsfaktorn, även kallat ε , skulle vara $\varepsilon = 0,637$ innebär detta att det strålar ut 64 % av 100%. Ju lägre tal desto mera värme hålls inne. (Pilkington, 2022).

5.4 Solskyddsglas

Solskyddsglas kan vara genomskinligt eller ha en reflekterande beläggning som antingen absorberar eller stöter bort solvärmestrålningen. Idag kombineras ofta energibeläggningen med en solskyddande egenskap. Genom detta fås ett varaktigt och effektivt solskydd med goda isolerande egenskaper som konstant håller värsta solvärmerna ute. Kombineras solskyddsglas med mekaniks solskydd fås möjligheter för en god arbetsmiljö där mycket dagsljus slipper in. (Glasbranschföreningen, u.d.).

5.5 Solenergiglas

En tredjedel av den totala energiförbrukningen i världen kommer från byggnader och de är även byggsektorn som står för mest utsläpp inom Europa. År 2050 vill man ha uppnått en klimatneutral byggsektor och för att kunna uppnå detta krävs att man minskar på energiförbrukningen samt byter till förnybara energikällor. Att använda solenergiglas är ett alternativ till grön energi. Dessa glas fungerar genom att man sätter solpaneler på nya eller befintliga glas. Solpanelerna släpper igenom solljus och omvandlar solens strålning till energi på samma gång. (TMD Solenergi, u.d.).

5.6 Självtvättande glas

Denna process och konstruktion av självtvättande fönster som kommer att beskrivas här används av andra producenter också, men jag har valt att ta Pilkingtons glas som exempel även här. Pilkington saluför ett näst intill självtvättande fönster som använder naturens

krafter för att hålla bort smuts från glaset. Detta kan ske på grund av att en osynlig beläggning, titandioxid, läggs på glaset vid produktion och detta tar hjälp av ultravioletta strålar som finns i dagsljuset samt luftfuktigheten i luften och bildar ett aktivt skikt vid montering. Det tar några dagar för skiktet att nå sin fulla potential och fungerar på så sätt att organiska smutspartiklar bryts ner och luckras upp om de kommer på glasytan. Den aktiverade glasytan behöver då och då en regnskur för att skölja bort den kvarvarande smutsen. Om det är en längre torrperiod kan man själv behöva spola av rutorna. Det lämnar dessutom inga ränder av vattnet på rutorna. Glaset är ett klart floatglas. (Pilkington, 2022). En byggnad som säkert skulle kunna använts sig av självtvättande fönster när den byggdes är Burj Kalifa i Dubai. Burj Kalifa är världens högsta byggnad på över 800 meter och använder sig för största delen av maskiner som klättrar längs den höga fasaden och tvättar fönstren. En bild på Burj Kalifa kan ses i figur 3.



Figur 3. Burj Kalifa beläget Dubai.

5.7 Eluppvärmda glas

Eluppvärmda glas, även kallat E-glas, är ett glas som kan omvandla elektricitet till värme. Genom att använda E-glas behöver man nödvändigtvis inga radiatorer vid fönstren och behöver inte heller oroa sig för kondensbildning vid fönstren. Dessa fönster kan också

användas vid mindre tak, till exempel på uterum, då snösmältningen sköter sig själv. Glaset i sig ser ut som vanlig isolerruta med ett lågemissionsglas. På Fenestella är minimimått på glaset 300 x 300 mm och maximimått 2170 x 4000 mm. (Fenestella, u.d.).

Det finns många fördelar då det kommer till E-glas med tanke på komfort, utseende, energisparande och säkerhet. E-glas har en god termisk isolering, hög verkningsgrad och möjlighet att kunna sänka inomhustemperaturen. Det inre glaset är även härdat vilken ger en hög personsäkerhet. Glaset kan också bryta strömmen via en jordfelsbrytare om det inre glaset skulle gå sönder. (Fenestella, u.d.).

Det finns många användningsområden när det kommer till eluppvärmda glas. Förutom att glaset används som fönster i byggnader, kommer dessa glas även till användning vid truckglas, i bankomater, som golvglas, säkra glas, på fartyg etcetera. Detta för att man kan få ett säkert glas som det inte bildas kondens på. (CL Specialglas, 2020).

5.8 Elektroniskt tonade rutor

Elektroniskt tonade rutor, eller smart glass på engelska, är en relativt ny utveckling när det kommer till glasprodukter. Växlingsbart sekretessglas förvandlas från klart till ogenomskinlig på mindre än 0,1 sekunder och är idealiskt för en mängd olika tillfällen inklusive; mötesrum, badrum, fönster, dörrar, mellanväggar i glas, säkerhetsskärmar, konstinstallationer med mera. (SmartGlass, u.d.).

Ett företag som erbjuder detta är Smart Glass International. Elektroniskt tonade rutor använder en film av flytande kristaller mellan två glasrutor. När en liten mängd elektricitet appliceras genom denna film, riktas flytande kristallmolekylerna så att infallande ljus kan passera igenom och glaset verkar genomskinligt. När strömförsörjningen tas bort slappnar dessa flytande kristallmolekyler av i en slumpmässig ordning. Detta förvirrar molekylerna och sprider ljuset som sänds genom glaset och rutan verkar ogenomskinligt. Minimimått på rutorna är 200 mm x 200 mm och maximimåtten från detta företag är 1800 mm x 3500 mm. Det finns också mörkläggningsglas som är elektriskt opererade från samma företag. Dessa glas stänger ut mer än 99,4 % av ljuset och ger ett 100 % skydd mot UV-trålning. Mörkläggningsglaset används ofta i mötesrum, hemmabion, presentationsväggar och som ersättning för persienner eller gardiner. (SmartGlass, u.d.).

5.9 Brandskyddsglas

Tidigare var brandskyddsglasen ofta gjorda av trådglas och dessa kan ses ännu idag i många ställen. Dagens brandskyddsglas är dock oftast utan trådnät. De består av en uppbyggda på laminerat glas, specialhärdat glas, keramiska glas eller glas som blivit behandlade med speciella tillsatser för att klara av brand. Vill man ha glas som är avsedda för att kunna skydda och stå emot strålning används laminerat glas. Det laminerade glaset blir ogenomskinligt vid brand och laminatskiktet kokar bort. Brandglaset kan för det mesta utföras som isolerglas och även kombineras med exempelvis solskyddsglas och energisparglas. (Glasbranschföreningen, u.d.)

6 Glassystem

Tidigare bestod den ljusgenomsläppande strukturen huvudsakligen av ett bärande ramskydd, ett ramprofilsystem, ljusgenomsläppande täckplåtar och täta väggar. Utöver denna grundkonstruktion har byggsystem utvecklats där den ljusgenomsläppande delen fästs på bärande konstruktioner med spetsliknande fästen eller limning. Tack vare tidigare och nyare byggnadssystem utgör ljusgenomsläppande strukturer en alltmer betydande del av byggnaden vad gäller struktur och arkitektur. Ett exempel på en stadsbild av glasbyggnader ses i figur 4. På grund av strukturens funktion och dess många delar finns det ofta många möjligheter med tanke på design och genomförande. (Henderson, 2013).



Figur 4. Dubai Downtown.

6.1 SG-system

Strukturella glassystem, SG i sin enklaste form, är typer av *curtain wall* eller på svenska gardinväggssystem, som består av glas som binds eller förankras till en struktur utan användning av kontinuerligt packade aluminiumtryckplattor eller lock. Glaset kan bestå av monolitiska, laminerade, dubbelglasade eller till och med trippelglasade isolerglasenheter. Strukturen kan använda horisontella och/eller vertikala aluminiumstolpar eller vara en glasstolpe, stålblad, kabel eller rostfri stålstång. Detta system skapar ett rent och jämnt exteriört utseende. (W&W glass, u.d.).

Det finns olika SG-glassystem på marknaden där ytlistor inte används. I dessa system bygger fixeringen av glaset vanligtvis på limning säkrad med spikklämmor eller olika punktfixeringslösningar. Fogarna mellan glasrutorna är fyllda med tätningsmassa enligt systemet, så att det inte finns något överhäng som blockerar vattenavrinning. Den minsta takvinkeln för SG-system ställs in genom böjning av glasskivan under dess egen vikt. Den resulterande "koppen" som samlar vatten måste kompenseras med tillräcklig dränering. Vanligtvis är minimivinklarna 3 till 6 grader, beroende på systemet, storleken och tjockleken på glaset. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).

Strukturellt glasade system skapar en större transparens än traditionella system. Det finns färre visuella avbrott på grund av bristen på metall på utsidan, vilket skapar en sömlös, kontinuerlig utseende. Se figur 5. Traditionella gardinväggssystem har tryckplattor och lock som kan leda stora mängder värme in eller ut ur fasaden beroende på årstid. Eftersom det finns lite eller ingen exponerad exteriör metall, finns det också mindre köldbryggor vid användning av strukturellt glasade system, vilket sparar energiförbrukningskostnader. Det finns olika system av detta och det första som tas upp är ett stavbyggt strukturellt glassystem. (W&W glass, u.d.).



Figur 5. Glasfasad (Morn glass, u.d.).

Ett stavbyggt strukturellt glassystem är en av de äldsta och mest konventionella gardinväggstyperna. Den är sammansatt av komponenter som liknar den i ett så kallat fångat system, med undantag för en yttre tryckplatta av aluminium och lock med packningar för att hålla glaset på plats. Den är antingen silikon- eller växelfäst på plats beroende på tillverkarens system. Det växlade systemglaset är huvudsakligen tillverkat i butik för att antingen ha en kanal bunden till baksidan av glaset med silikon, eller för att ha den isolerande glasets distansram med en öppning att fästa på invändigt. Dessa metoder möjliggör torrfixering av enheterna på plats för att eliminera härdningstiden. I annat fall måste de system som våtförsluts på plats ha glaset tillfälligt fastklämt i 1–2 veckor för att säkerställa att silikonerna är helt härdad innan den yttre silikon tätningen appliceras. Förutom en utvändigt våt silikon/packningstätning, uppnås luft- och fuktkontroll genom så kallad tryckutjämning. Tryckutjämning är ett sätt genom vilket luft i systemet placerats mellan glas- och aluminiumstolpen och detta hjälper till att dränera vatten vid varje glas eller vid systemets bas. Dessa system används ofta för låghusprojekt med mindre än 15 000 kvm yta, projekt där arbetet är billigare samt projekt med låg upprepning. (W&W glass, u.d.).

Ett annat system är ett enhetligt förmonterat strukturellt glassystem. Flera glastyper och material kan kombineras till en enhet i en kvalitetskontrollerad fabriksmiljö. Glasmaterialet är silikonbelagda på plats och får härda helt för att ge ett liknande jämnt yttre utseende som det stavbyggda systemet, utan hänsyn till väderförhållandena på plats och kvaliteten på

applicering av tätningsmedel på plats av hantverkarna. Dessa enheter kan installeras med en panel hög och en panel bred eller ibland två paneler höga eller två paneler breda. På byggarbetsplatsen får enheterna ytterligare silikon/EPDM-packningar efter att de monterats med kran från utsidan, eller från varje våning för att skapa en stapelfog. Stapelfogen fungerar som systemets kompletta luft- och fuktspärr och tillåter ett svep på varje våning. Enade system hanterar rörelser mycket bättre än de flesta andra eftersom varje panel är packad för att kunna röra sig oberoende med strukturen och ankarnas extra rörelsekapacitet. I allmänhet används dessa system på medelhöga till höga byggnader som är 20 000 kvadratfot och uppåt där det finns höga repetitioner, snäv åtkomst till arbetsplatsen och höga installationsarbetskostnader. (W&W glass, u.d.).

Punktstödda glassystem är de mest transparenta strukturella glassystemen som finns på marknaden idag. De kan specialtillverkas för att passa alla öppningar. Från utsidan har de silikontätningsmedel mellan fogarna som andra strukturellt glasade system, men har mycket mindre blockerade vyer från insidan och ut och vice versa på grund av elimineringen av vertikala och/eller horisontella aluminiumstolpar. (W&W glass, u.d.).

6.2 Dubbelglasfasad

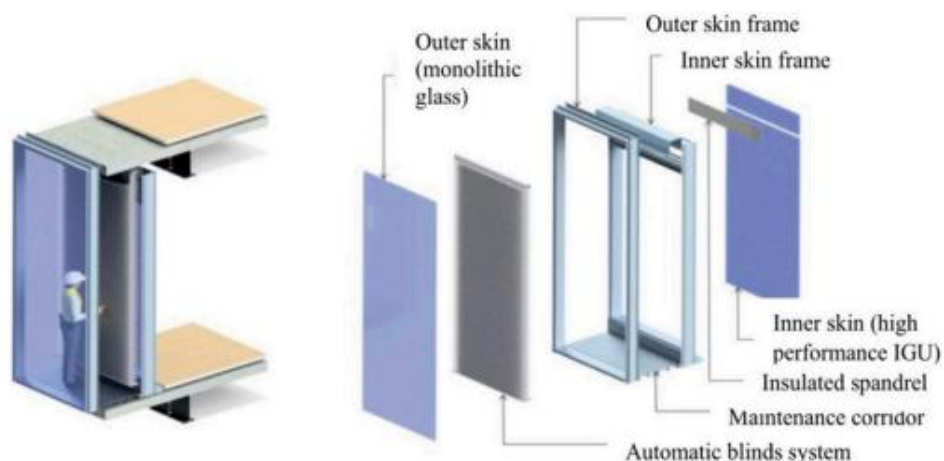
En dubbelglasfasad, även kallad *kaksoisjulkisivu* på finska och *glass curtain wall* på engelska, innebär att ett hus blir beklädd med ett genomskinligt skal i form av en vanlig glasvägg. Detta system kan användas både för estetiska syften och för att skydda byggnaden mot vind och värme. En förklarande bild på detta system visas i figur 6. Man kan bygga riktigt imponerande fasader med hjälp av detta system. Ett exempel på detta är det estniska nationalmuseet och Tammerfors Universitetssjukhus. Glaset kan också användas inne i byggnader som till exempel hisschakt, räcken och innertak. Som tidigare nämnt kan denna glasfasad också ha fördelar när det kommer till vind-, ljud- och värmeisolering. Tillsätter man även tryckta mönster på glaset och använder sig av solskyddsglas skyddar detta dessutom mot uppvärmning och överdriven solstrålning. (R Fix, u.d.).



Figur 6. Dubbelglasfasad-koncept (Intelligent Glass Solutions, u.d.).

6.2.1 Double skin facade

Double skin facade, eller dubbelskalsfasader som den kan översättas till svenska, är en specifik typ av SG-fasader som syftar till att förbättra den termiska prestandan hos klimatskal av glas. DSF består av tre distinkta skikt: invändigt glassystem, ventilerad lufthålighet, och utvändigt glassystem. Den ventilerade luftkaviteten fungerar som en termisk buffert mellan det inre interiören och det yttre glassystemet. Ett känt exempel på dubbelskalsfasader är Sanomatalo i Helsingfors centrum som visas i figur 8. En enkel illustration av dubbelskalsfasaden kan man se i figur 7. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).



Figur 7. Förenklad ritning över en dubbelskalsfasad. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

Grundläggande typer av DSF är kubfönster, korridorfasader, schaktboxfasader och flervåningsfasader. Det finns fem olika lägen för ventilationskanalernas luftkaviteten som visas och förklaras i figur 3. Ventilationstyperna inkluderar naturlig, mekanisk och blandad

ventilation. I den externt ventilerade dubbelskalsfasaden figur 3(a) införs en yttre luftström och passerar mellan de två glaserade skalerna och detta spelar en betydande rollen för evakuering av överskottsvärme och fuktighet, vilket innebär en minskad risk för kondensbildning på någon av ytorna. Denna typ av dubbelskalsfasader finns med olika inglasningar, hålrumsdjup och ventilationsöppningar. Många har öppningar i det inre skalet som tillåter naturlig ventilation av inre utrymmen medan vissa är utformade för att dra varm luft från kaviteten, bidra till rumsuppvärmning och därmed minska energiförbrukning för uppvärmning. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

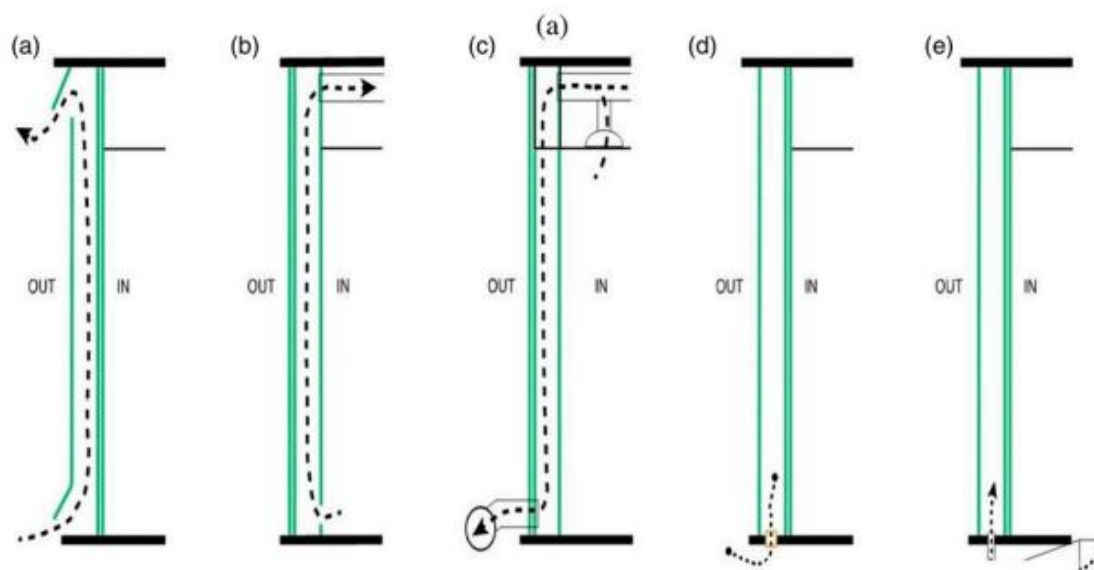


Figur 8. Sanomatalo i Helsingfors. (Vastavalo, u.d.).

I den internt ventilerade dubbelskalsfasaden figur 9(b) är det luftrummet mellan de två skalerna som har rollen som en returluftskammare. Konditionerad rumsluft dras in mellan de två glaserade skalerna där en ständigt uppfräschad termisk buffert mot värmevinst-/förluster genom fasaden skapas och hålrummet återvänder luften till utrymmet som ger energiåtervinning. Medan luftflödet i en internt ventilerad fasad kan vara uppåt figur 9(b), kan det också vara nedåt som visas i figur 9(c).

De två sista DSF-innovationerna har inte genomgående kavitetsventilation som visas i figur 9(d) och (e). I figur 9(d), kommunicerar dubbelskalsluftutrymmet med den yttre miljön genom små, filtrerade öppningar i det nedre ramområdet. Denna teknik tillåter ångtryck att balansera mellan luftutrymmet och den yttre miljön och förhindrar kondens i kaviteten. I den innovativa nya trycksatta fasad-dubbelskalstekniken figur 9(e), kallad *Closed Cavity Facade* (CCF), matas en trycksatt tillförsel av filtrerad och torr luft kontinuerligt genom små rör i de modulära enhetsramarna till ett förseglat luftutrymme. Den torra luften, som tillförs i mycket små mängder baserat på yttre klimatförhållanden, förhindrar kondens i luftrummet. Dessutom, eftersom damm och andra föroreningar inte förs in i luftutrymmet med dubbla

skal, elimineras behovet av att rengöra kaviteten. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).



Figur 9. Schema över ventilerade och icke-ventilerade dubbelskalsfasader och olika metodval. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

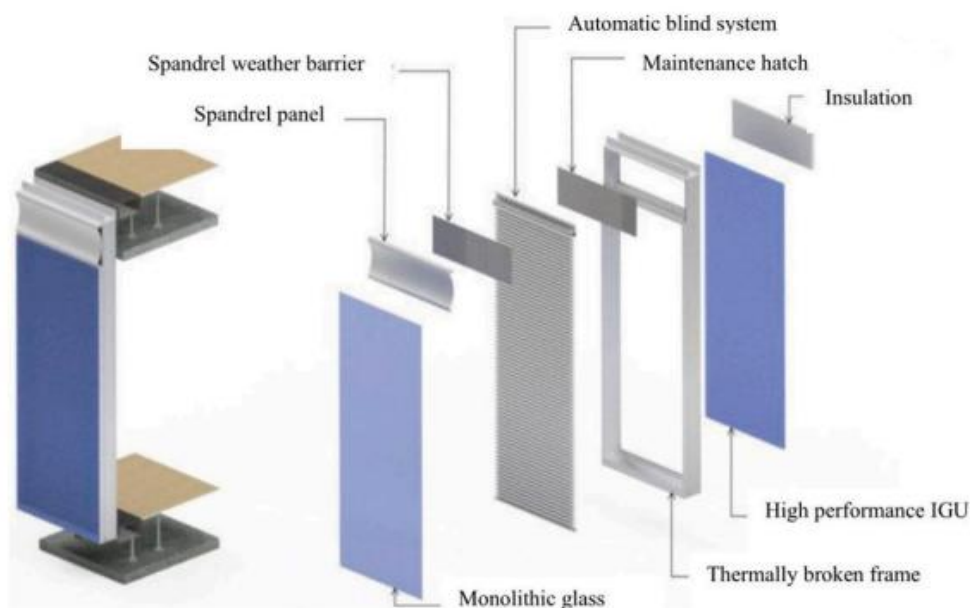
Globalt finns flera olika tillämpningar av DSF och tillsammans med forskning om termiska egenskaper och energiprestanda har det visat sig att DSF har många fördelar jämfört med traditionella glassystem. Sådana fördelar inkluderar förbättring av akustisk och termisk isolering och därmed minskning av värmebelastningar, förbättring av termisk komfort, möjligheten att placera solskydds- och belysningsanordningar i kaviteten och tillämpa nattventilation under kylningsperioden, minskning av kylbelastningar på grund av närvaron av dynamiska persienner i kaviteten etc. Ett antal praktiska begränsningar hindrar dock användningen av DSF i vissa byggnader. Sådana begränsningar inkluderar de höga investeringskostnaderna för underhåll och städning kopplade till DSF.

Den höga energin som behövs under deras livscykel, förlusten av användbart byggnadsutrymme på grund av den breda korridoren som behövs i fönstren, extra kostnader på grund av införande av invändiga öppningar som krävs för åtkomst från insidan för rengörings- och underhållsändamål, risken för kondens på glasytorna mellan de två skalorna, etcetera. Ovanstående begränsningar, och särskilt de som gäller förlust av användbart byggnadsutrymme och de högre investeringar, underhåll och städkostnader kopplade till DSF har lett till ett sökande efter andra möjliga lösningar. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

6.2.2 Closed Cavity Facade

En lösning för extremt krävande byggnadsskal av glas med de bästa egenskaperna för isolering och solskydd sänkades fram till slutet av det första decenniet av detta århundrade där en ny idé för en DSF-typ, kallad *Closed Cavity Façade* eller CCF, togs fram. Den består av en dubbel- eller trippeliserad glashet på det inre lagret och ett enkelglas på det yttre, som bildar ett hålrum, vanligen mellan 100–250 mm, med en tygrullgardin eller en persienn emellan. CCF uppvisar olika funktionella och operativa fördelar jämfört med DSF, såsom att förhindra ansamling och sedimentering av damm och partiklar i kaviteten, minska underhållskostnaderna, eliminera komplexiteten i luftflödeskontrollen, och öka livslängden för komponenter inuti kaviteten etcetera.

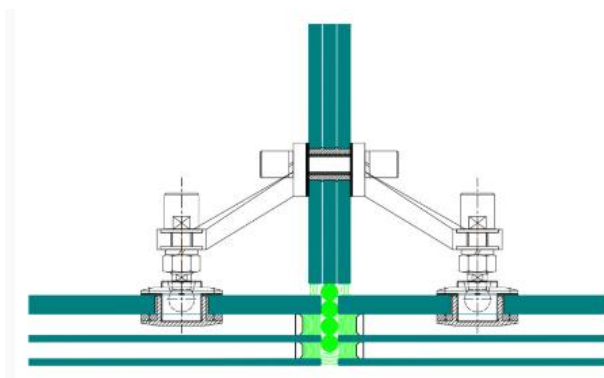
I stället för att ventileras det dubbla skalet, är panelerna förseglade och utrustade med en trycksatt tillförsel av filterad och avfuktad luft som tillför torr luft i den förseglade kaviteten för att kontrollera kavitetsstrycket, dämpa kondens och undvika värmeuppbyggnad inuti kaviteten. Jämfört med en konventionell extern eller internt ventilerad DSF, som vanligtvis kräver cirka 600 mm avstånd mellan glasskikten för underhåll, är den teoretiska tjockleken på en CCF 130–150 mm, medan detta i praktiken är cirka 200–250 mm. Denna betydande fördel med CCF resulterar i mindre utrymme för fasaden samtidigt som den tillåter prefabricering och därmed minskar tillverknings- och installationskostnaderna. I figur 10 kan man se uppbyggnaden av en så kallad *Closed Cavity Façade*, vilket kan översättas till sluten hålighetsfasad. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).



Figur 10. Uppbyggnaden av en *Closed Cavity Façade*. (Schittich, Balkow, Schuler, Sobek, & Staib, 2007).

6.3 Glasfasad med punktfästen

Med ett knappglassystem ger man största möjliga ljusinfall genom glaset då man enbart har satt fast glaset med punktfästen eller så kallade knappor och inga ramar finns därmed runt glaset, se figur 11. Byggnader med en glasfasad med punktfästen ger förutom en ljus och fräsch känsla, även ett mäktigt intryck och kan användas till invecklade arkitektoniska lösningar. Detta system används för det mesta som fasader men också vid trapp- och balkongräcken. Man fäster fasadglaset i glasbalkar för mest transparens eller i stålkonstruktioner. (R Fix, u.d.).



Figur 11. Konstruktion med punktfästen enbart på inre glaset (R Fix, u.d.).

7 Ramsystem

När man talar om ramsystem, består dessa oftast av stål, aluminium, trä eller en kombination av dessa. Härnäst kommer en beskrivning på några vanliga ramsystem.

7.1 Självbärande aluminiumprofil

Purso har ett system som heter P50L och är en isolerad självbärande aluminiumprofil och denna kan användas i mindre glastak utan stöd. Är det tal om större takkonstruktioner fäster man stomprofilen i en bärande stomme. Det finns även dränering och luftning i stomprofilen. Profildjupet är 50 mm, profildjupet varierar mellan 40–180 mm och glasets tjocklek är mellan 6 och 62 mm. (Purso, 2022).

Schüco har även utvecklat ett självbärande fasadsystem med aluminiumprofiler, vid namn ERC 50, som ska modernisera och ge byggnader en låg energiförbrukning. Byggnaden får även ett passivhus certifikat och U-värdet ner till 0,7 W / m²K. (Bolseth Glas, u.d.).

Självbärande aluminiumprofiler kan också vara elementfasader eller så kallade *Curtain Wall* fasader. Detta kan man läsa mera om i kapitel 6.1.

7.1.1 Aluminium som ramsystem

Aluminium är designflexibilt och energieffektivt och lämpas sig därför bra inom många byggområden. Dessutom kan aluminium anodiseras eller målas i valfri färg och på valfritt antal ytor. Dessa processer förbättrar ytterligare produkters hållbarhet och korrosionsbeständighet och förenklar underhållet. (Franco, 2019).

Aluminiumprofiler är ett lämpligt val vid stora glasytor som verandor, takfönster, gardinväggar och stora skjutfönster. Smala termiskt brutna aluminiumprofiler kan öka genomskinliga ytor med upp till 20 % jämfört med fönster utrustade med ramar av andra material, exempelvis trä. Detta gör att arkitekter kan optimera en byggnads energieffektivitet året runt (European Aluminium, u.d.). En fasad med aluminiumram kan ses i figur 12.



Figur 12. Glasfasad med aluminiumramar (Reynaers Aluminium, u.d.).

Under kalla årstider måste en byggnads värmeförluster minskas, medan solvinster måste maximeras. Att maximera de genomskinliga fönsterytorna genom smala aluminiumramar kan också hjälpa till att optimera solvinster. Användningen av aluminiumluckor under kalla perioder kommer ytterligare att begränsa värmeförlusterna på natten. Å andra sidan måste solvinster minimeras under varma årstider för att optimera passagerarnas komfort och minska behovet av luftkonditionering. Skuggningsanordningar i aluminiumramar, som exempelvis fönsterluckor, kan erbjuda den perfekta lösningen. (European Aluminium, u.d.).

Aluminiummetalls smältpunkt ligger runt 600 grader, det vill säga aluminiumet brinner inte utan den smälter vid hög temperatur (Reynaers Aluminium, u.d.). Av denna anledning tillhör aluminium den bästa europeiska reaktionsklassen för brand: A1 (European Aluminium,

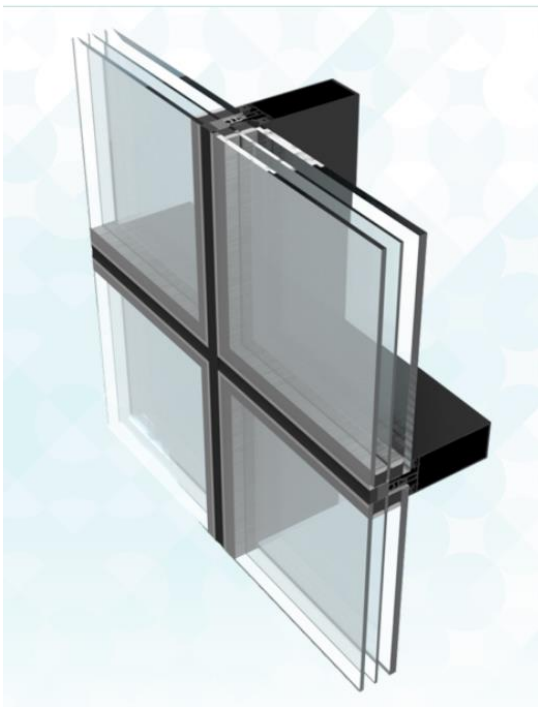
u.d.). Brandmotståndet hos aluminiumglasväggar beror på många faktorer i systemlösningen, såsom: typ av glas, glasfixering, profilmaterial och form och mängden isolering. Även en liten förändring i strukturen hos den inglasade skiljeväggen kan avsevärt minska dess brandmotstånd och därför är det endast möjligt att bestämma den verkliga brandmotståndsklassen för mellanväggen på basis av testresultat av brandmotstånd. (Sędlak, Kinowski, Izydorzyc, & Sulik, 2015).

7.2 Aluminiumprofiler med stålprofilram med den så kallade nollremsan

Schüco har en aluminiumprofil med en stålprofilram vid namn AOC 50 ST. Med ett fasadsystem som AOC 50 ST finns det möjligheter för takfönsterkonstruktioner och storskaliga vertikala fasader i 50 mm systembredd. Nya systemkomponenter möjliggör enkelt och tillförlitligt utförande, inklusive lastöverföring och skruvstyrning, även vid arbete med stora rutor och treglas. Tilläggskonstruktionen på stål kombinerar energieffektiv, estetiskt sofistikerad konstruktion med strömlinjeformad tillverkning och installation. Även aluminiumprofiler med förstärkning av stål är en bra profil att använda om aluminiumet i sig inte har tillräcklig bärförmåga för glassystemet. (Schüco, u.d.).

7.3 Fasadsystem med och utan täcklock

Vill man ha stora glaspartier som ser flytande ut behöver man ett fasadsystem utan täcklock. Purso har detta och det heter P50S, glaset har värmeisolering och är gjord i aluminium. Endast en smal fog syns utåt och detta ger illusionen av att glasytorna är sammanhängande och får ett effektivt utseende. Att välja glas med reflekterande utsida ger bästa effekt. Till Pursos fasadsystem kan man välja mellan tvåglas, treglas eller fasadglas. Profilvalen är lika som i brandfasadsystemet P50L, vilket beskrivs i kapitel 8.3 och det går också att kombinera detta system med täcklock om man så vill. (Purso, 2022). Ett exempel på hur ett system utan täcklock ser ut kan man se i figur 13.



Figur 13. Ett fasadsystem utan täcklock, detta från Purso vid namn P50S (Purso , 2022).

8 Bestämmelser och anvisningar

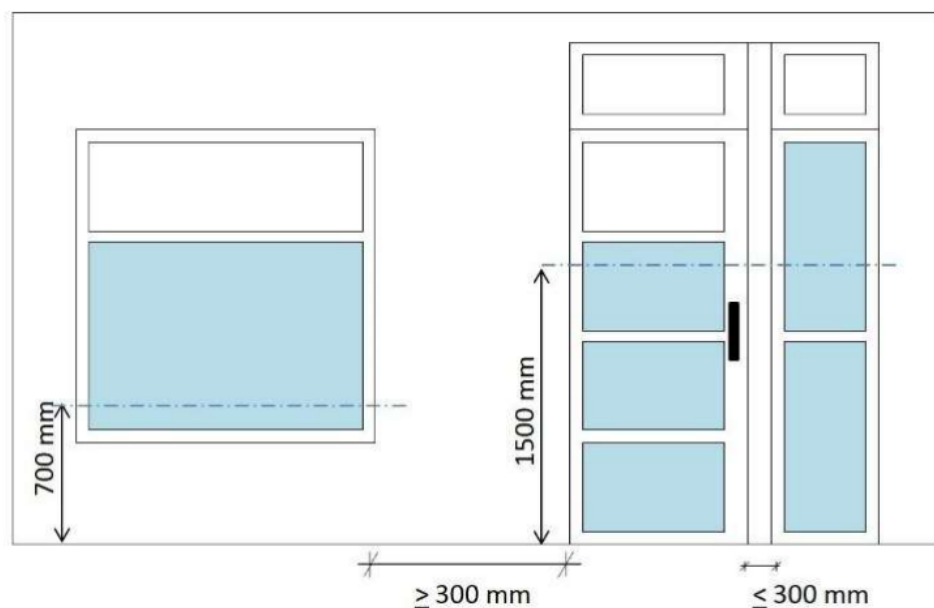
Säkerhets- och skyddsglas används när det finns risk för kollision med glaset, förhindra fall eller när glaset skyddar mot inbrott, skadegörelse och skottlossning. När det kommer till montering av inbrottskyddsglas finns det inga separata anvisningar, annat än att konstruktionerna och deras fästen ska vara sådana att det inte går att bryta sig in i utrymmet utan att bryta konstruktionerna med verktyg. Inbrottskyddet ska även ta hänsyn till andra konstruktioners inbrottskydds krav och låssäkerhet. Med andra ord måste ramen som bär upp glaset också vara motståndskraftig mot inbrottsförsök. Glaset bör undvika skårar och hål, om möjligt, eftersom de kan påverka produktens hållbarhet. I figur 14 illustreras hur olika glas splittras. (Suomen Tasolasiyhdistys, u.d.).



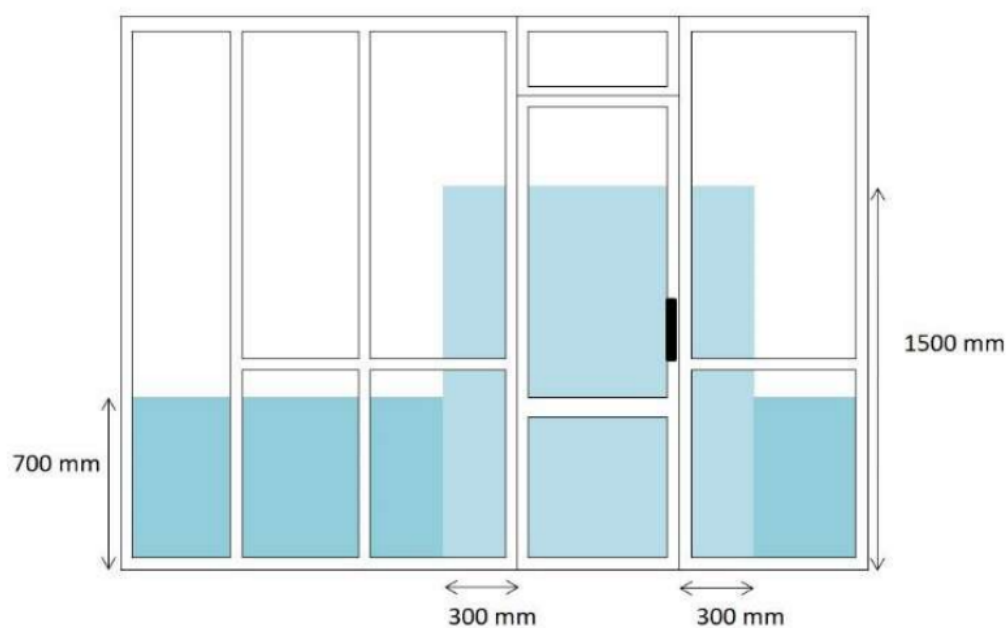
Figur 14. Beskriver skillnaderna i hur floatglas, härdat glas och laminerat glas reagerar vid kollision. (Henry's Glazcon, 2018).

I Finlands byggbestämmelser kan man läsa att säkerhetsglas är sådant glas som ska klara av kollisionlast och detta är härdat-, laminerat- eller trådarmerat glas. Om granuleringen eller sönderingen av glaset leder till att en person kan falla, används laminerat glas, trådarmerat glas eller laminerat och härdat glas kombinerat. Det härdade glaset har en bra böjhållfasthet och används därför ofta till sådana konstruktioner var glaset utstår återkommande termisk eller dynamisk belastning. Detta kan vara fönster, dörrar, flyttbara väggar och glaserade tak och ytterväggar. En genomskinlig glasyta som inte har en horisontell delning och som avgränsar en gångväg bör alltid försees med en markering på en höjd mellan 900–1500 mm. (Miljöministeriets förordning om säkerhet vid användning av byggnader 1007/2017, 2017).

Säkerhetsglas bör användas i dörrar i gångvägar var glasytans höjd överstiger 1500 mm från golvet, detta gäller i allmänna utrymmen. Även fönster och dörrar i allmänna utrymmen var glasytans höjd understiger 700 mm från golvet bör säkerhetsglas användas. Dessa mått finns även utritat i figurerna 15 och 16. Helglasdörrar i bastun och andra våtrumsdörrar är å andra sidan alltid härdade. (Suomen Tasolasiyhdistys, u.d.) (SFS-EN 12600, u.d.).



Figur 15. Illustrerat var säkerhetsglas bör placeras i offentliga byggnader (SFS-EN 12600, u.d.).



Figur 16. Illustrerat var säkerhetsglas bör placeras i offentliga byggnader (SFS-EN 12600, u.d.).

I Miljöministeriets förordning om säkerhet vid användning av byggnader 1007/2017 paragraf 11 om glaskonstruktioner står anvisningar för glasanvändning. Där kan man läsa att om ett fönster skulle gå sönder, får det inte finnas risk för fall och inte heller ska någon nedanför byggnaden kunna skadas av eventuellt glassplitter som faller. Om glaskonstruktionen inte har skyddats på något sätt med ett fast kollisionsskydd, bör glaset och deras infästningar kunna tåla en normal belastning som riktas mot den. Glasväggar,

glasdörrar och fönster bör markeras så att de syns om det finns risk för sammanstötningar. Denna information kommer även fram i Finlands byggbestämmelser. (Miljöministeriets förordning om säkerhet vid användning av byggnader 1007/2017, 2017). I Statsrådets förordning om krav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen 577/2003 paragraf 12 finns lagar om säkerhet och hälsa på en arbetsplats. Ett öppet fönster får inte medföra risk för arbetstagare. Glasen ska också redan i planeringsskede vara konstruerade så att de inte medföra fara för arbetstagare att tvätta dem. (Statsrådets förordning om krav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen 577/2003, 2003).

8.1 Miljöministeriets förordning

Ett av de väsentliga tekniska kraven vid planering vid konstruktion är brandsäkerhet. När det gäller branddimensionering är det viktigt att sätta sig in i framför allt brandsäkerhetskraven, men också i regelverket kring konstruktioner. Den som påbörjar ett byggprojekt ser till att brandsäkerhetskraven beaktas vid utformning och uppförande av byggnaden som krävs av byggnadens användningsändamål. (Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017, 2017).

De bärande konstruktionerna i en byggnad som uppfyller de krav som ställs på brandsäkerhet klarar den minimitid som ställs för dem i händelse av brand. I en brandsituation ska hänsyn tas till kollaps av byggnadens strukturer, säkrande av utgången, räddningsinsatser och att få branden under kontroll. Byggprodukter och teknisk utrustning ska vara lämplig ur brandsäkerhetssynpunkt och vid brand ska de som befinner sig i byggnaden kunna utrymma eller så ska personerna på destinationen räddas på ett sätt som tar hänsyn till räddningspersonalens säkerhet. Närmare föreskrifter finns i Miljöministeriets förordning om brandsäkerhet i byggnader. Miljödepartementets föreskrifter berättar hur de väsentliga tekniska kraven uppfylls och genom att utforma byggnaderna i enlighet med dem uppnås ett resultat som uppfyller kraven. Den som utför byggnadsarbeten ska enligt markanvändnings- och anläggningslagen visa att byggnaden är säker. (Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017, 2017).

8.2 Eurokod 1991-1-2

För konstruktionsplanering presenterar standarddelen SFS-EN 1991-1-2 nödvändiga huvudprinciper och regler för beräkning av termiska spänningarna och mekaniska belastningarna hos konstruktioner som utsätts för brand utifrån säkerhetskrav,

dimensioneringsprocedurer och konstruktionsverktyg (SFS-EN 1991-1-2 sid. 10). Den används tillsammans med brandkonstruktionsdelarna i standarderna EN 1992 – EN 1996 och EN 1999. Termiska spänningar relaterade till nominell brand och baserade på fysiska parametrar presenteras i denna standard. Bilagorna innehåller information baserad på fysikaliska parametrar och modeller av termisk påkänning på konstruktioner. Denna standard behandlar inte bedömning av skador efter brand. För att använda denna standard antas det att designbrandscenariot väljs av en kvalificerad och erfaren person eller presenteras i relevanta nationella bestämmelser. (SF-EN 1992-1-2:2004, 2009).

8.3 Markanvändnings- och bygglagen 1999/132

Utformningen av glaskonstruktioner regleras av markanvändnings- och bygglagen (1999/132). I 117 § definieras generella krav på konstruktion, detta gäller då även för glaskonstruktioner. Enligt markanvändnings- och bygglagen ska glaskonstruktionen vara reparationsbar, uppfylla sitt syfte, vara funktionsduglig och modifierbar efter byggnadens användning. Bestämmelserna i markanvändnings- och anläggningslagen (1999/132) gäller även för nybyggnad samt ändrings- och reparationsobjekt, men vid reparations- och ändringsarbetena ska hänsyn tas till byggnadens egenskaper och särdrag samt lämplighet för avsedd användning. Byggnaden ska klara den generellt förutsebara belastningen och byggnaden med hänsyn till användningsändamålet, de tekniska kraven. Dessa tekniska krav inkluderar hållfasthet och stabilitet hos konstruktioner, brandsäkerhet, hälsa och driftsäkerhet. (Markanvändnings- och bygglagen 1999/132, 1999).

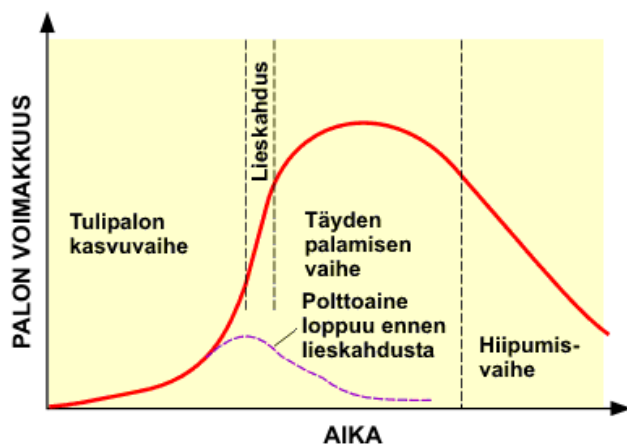
Ändringarna och renoveringen får inte äventyra säkerheten för byggnadens användare eller försämra deras hälsa. Den som påbörjar ett byggprojekt ska se till att glaskonstruktionen är utformad och byggd på ett sådant sätt att dess konstruktioner är starka och stabila, lämpar sig för byggarbetsplatsens förhållanden och håller under byggnadens planerade livslängd. Brandsäkerheten ska också skötas i enlighet med användningsändamålet. (Markanvändnings- och bygglagen 1999/132, 1999).

9 Brandsäkerhet

Historiskt sett har inglasningens primära funktion använts för att ge ljus och ventilation i byggnadsväggar. I moderna byggnader kan specialiserade glasrutor ge många andra funktioner, inklusive brandbeständighet. Andelen glasad yta på byggnader fortsätter att öka. En av anledningarna är kopplingen mellan tillgång till naturligt ljus och förbättrad hälsa,

komfort och produktivitet för allmänheten. Dessa faktorer, tillsammans med energikostnaderna förknippade med intern belysning och den resulterande kylbelastningen, har fokuserat uppmärksamheten på de positiva egenskaperna hos dagsljus, vilket i sin tur driver både policy och arkitektonisk estetik mot ökad användning av glas i byggnadens inhägnad. Denna önskan att maximera den glasade ytan har varit en viktig faktor i utvecklingen och ökad acceptans av brandklassade system för gardinväggar.

I figur 17 illustreras hur branden fungerar i ett normalt fall.



Figur 17. Brandens förlopp illustrerat (Palovaara, u.d.).

9.1 Brandklasser

När man talar om brandklasser vid glaspartier används bokstäverna E, EI och EW tillsammans med en siffra. E innebär att glaset ska kunna stå emot rökgas och flammor. Lilla w innebär att man förutom rökgas och flammor även ska stå emot värmestrålning. Bokstaven I innebär å andra sidan att glaset helt och hållet ska kunna stoppa branden på alla sätt och vis. Siffrorna beskriver hur många minuter ett visst glas ska klara av brandklassen, 15, 30, 60 och upp till 180 minuter. (Glasbranschföreningen, u.d.).

Brandklasser när det kommer till byggnader beskrivs med P1, P2 eller P3. En byggnad med beteckningen P1 innebär att byggnadens bärande konstruktion ska tåla brand så pass bra att den inte störtar. Personantal eller storlek på byggnaden är inte heller begränsade. Vid brandklassen P2 ställer man mindre krav på konstruktionen än i P1 men man ställer mera krav på egenskaper hos ytskikt och vilka anordningar som finns till för brandsäkerheten. Personantal och storlek på byggnaden är begränsad beroende på användningssätt. P3 har inga specifika brandkrav på bärande konstruktioner. Den tillräckliga säkerhetsnivån uppnås

när man begränsar personantal och byggnadens storlek beroende på användningssätt. (F2 Finlands Byggbestämmelsesamling, 2001).

9.2 Brandsäkra glas

Idag har vi betydligt mera kunskap och resurser för att kunna skapa brandsäkert glas. Olika brandglas har olika funktioner och idag används laminerade, keramiska glas, specialhårdade och glas som har speciella tillsatser. Glas som har som avsikt att stå emot strålning är alltid laminerade och laminatskiktet består oftast av en massa som är vattenbaserad och kokar bort vid brand. Desto tjockare skikt av massan desto längre klarar glaset av att motstå branden, detta eftersom vattnet inte överstiger 100 grader och glaset behåller sin förmåga att isolera tills att energin försvunnit ur vattnet. (Glasbranschföreningen, u.d.). Svällande laminerat glas kan vara en effektiv brandbeständig produkt, både estetiskt och funktionellt, för arkitekter och fastighetsägare. Svällande glasprodukter ger en brandsäkerhetsnivå som vida överstiger den för andra glasprodukter. (Saacks & Carpenter, 2015).

Den brandsäkra glaspartitionen uppdelas i värmeisoleringstyp och icke-termisk isoleringstyp enligt brandmotstånd. En brandsäker glasvägg av isoleringstyp ska på en viss tid samtidigt uppfylla kraven för brandintegritet och brandisolering. Den icke-termiska typen av en brandsäker glasvägg ska på en viss tid kunna uppfylla kraven på brandintegritet, men kan inte uppfylla kraven för brandisolering. (Joy Shing Glass, 2021).

Glasstrukturen är uppdelad i ett brandsäkert glasparti av stålram eller träram. Den brandsäkra stålramen är tillverkad av fyrkantigt stål eller formad stålplåt, genom svetsning eller speciell skruvförbindning, och med tanke på isoleringsmaterialet, är stålramen fylld med obrännbart material, för att säkerställa att brandkraven uppfylls. Den brandsäkra träramen består å andra sidan av ett torrt producerat trä, där fukthalten inte bör vara större än 12%. I ramen vid fogen bör det inte finnas något trämaterial, träet bör ha en flamskyddande isoleringsbehandling, för att kunna uppfylla kraven på brandmotstånd. (Joy Shing Glass, 2021).

9.2.1 Dimensionering av vanligt glas

Glasskivor säljs normalt i standardstorleken 2,5 x 3,6 meter. Från denna storlek skärs glaset för att möta ett projekts specifika behov. Glaset kan vara grundläggande och färglöst eller innehålla element som förbättrar deras termiska, visuella och akustiska kvaliteter, såväl som många andra. Även om de är mindre använda är Jumbo-glaspaneler, som mäter cirka 5,0 x

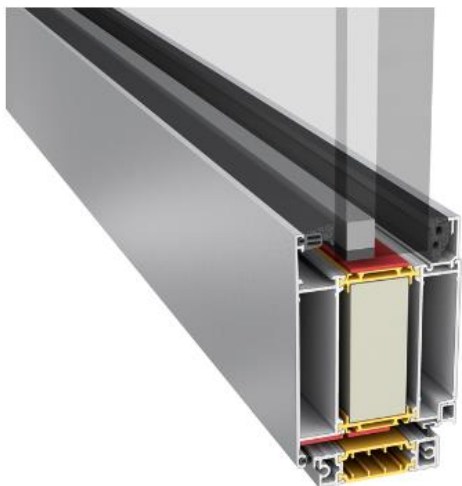
3,0 meter, också ett alternativ. Panelerna som överstiger 4,5 meter breda och 2,5 meter höga kan gå så långt att de betraktas som monumentalglas. (Franco, 2019).

Monumentala paneler används huvudsakligen på första våningen, i receptioner eller i lobbyn och ger oklanderligt sömlösa resultat tack vare sin stora storlek. För att uppnå denna subtilitet är det viktigt att välja ramar som tål panelernas vikt utan att dominera strukturen. Aluminium är det mest använda för att bygga ramverk tack vare dess ekonomiska kostnad. För projekt med glaspaneler som är mer än 6 meter höga bör dock aluminiumet förstärkas med stål, vilket ökar ramverkets storlek. Vill man ha ramar som tillåter smalare ramar samtidigt som de är tillräckligt robusta för att klara vikten av större glaspaneler är stål lösningen. (Franco, 2019).

Trä var det första materialet som användes i snickeri vid fönsterpartier. Men i början av 1900-talet, ungefär samtidigt som industrialiseringen och rationalismen började forma arkitekturen, blev stål det bästa materialet för konstruktion av dörrar och fönster, innan det ersattes av uppkomsten av nya teknologier som PVC och aluminium. Idag är stål tillbaka på toppen, efter att ha utvecklats för att minimera sina dimensioner utan att förlora sin styrka och hållbarhet. För att uppnå större glasarmaturer, som glasmonumentet, bör aluminiumramar förstärkas, vilket resulterar i en mer komplex och voluminös struktur. Stålstomme fungerar bra med större glasarmaturer samtidigt som de behåller sin rena och enkla form. Dessutom tar stålets svetskapacitet bort behovet av skarvar, vilket eliminerar problem som böjning och förskjutning. Detta gör att vi kan utföra mer komplexa konstruktioner med mindre ansträngning. (Franco, 2019).

9.2.2 Sapa, Swedoor och Purso

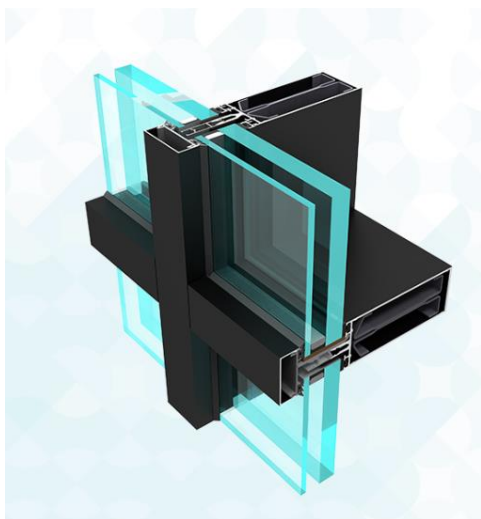
Sapa erbjuder brandklassade glasprodukter med EI30 eller EI60. Glasprodukten med EI60 kan man se i figur 18. Dess maximala höjd är 3600 mm med en obegränsad bredd. Dessa partier kan innehålla dörrar om man så önskar och designas som stora glaspartier, med spröjs eller med sned överkant. Glasprodukterna med EI60 kommer utan rökstäthet och kan tillverkas med helgas, helfyllning eller som en kombination av både glas och fyllning. Brandkonstruktionerna utförs alltid med godkända brandfyllningar och brandglas. Man kan kombinera brandglaset med ljudklassade glas och inbrottsglas och för ett lågt U-värde kan användas upp till treglas. (Sapa Buildning System, u.d.). På Schüco finns ett motsvarande fasadsystem med EI60 beteckning (Schüco, u.d.).



Figur 18. Ramsystem från Sapa, EI2 60. (Sapa Building System, u.d.).

Swedoor använder sig av glaspartier bestående av två härdade säkerhetsglas och ett UV-beständig gel baserad på vatten emellan. Denna gel skummar upp och bildar en delvis isolerad och opakt skikt vid E30 och 60 och vid EI30 och 60 bildar gelen en ogenomskinlig och värmeisolerad sköld. (Swedoor, u.d.).

Purso har ett brandfasadssystem vid namn P50L som klarar av brandklasserna EI30 och EI60. Djupet på detta system är i vertikal profil 120–180 mm och horisontell profil 127 mm. Systemet kan väljas mellan två- eller treglas och även fasadglas, se figur 19. (Purso , 2022).



Figur 19. Fasadsystem P50L från Purso (Purso , 2022).

9.2.3 Pilkington

Pilkington har ett brandklassat glas som förhindrar att temperaturen på glaset stiger mer än 140°C. Detta glas har flera skikt med vattenglas som fungerar som brandskyddande skikt emellan glasskikten. Vid brand spricker det glas som befinner sig närmast branden, brandskyddsskiktet håller glasbitarna på plats vid sprickningen och bildar en barriär mot brandspridningen. Pilkington Pyrostop fås från EI30 upp till EI180 och kan kombineras med skottskydd, explosionsskydd och inbrottskydd. Pyrostop kan användas inom många områden såsom trapphus, utrymningsvägar, branddörrar, väggkonstruktioner och vid avskiljande brandceller. (Pilkington, 2022).

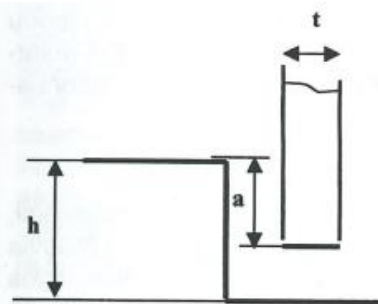
Pilkington Pyrodur har brandklasser med EW-klassning och den består också av tunna glasskikt med mellanliggande brandskyddsskikt. På samma sätt som i föregående stycke om Pilkington Pyrostop spricker även glaset närmast branden och brandskyddsskiktet håller allt på plats och det bildas en barriär mot rökgas och flammor. Efter några minuters verkan expanderar brandskyddsskiktet och blir ogenomskinligt och fungerar som en skiva som hindrar värmestrålningen och uppvärmningen fördröjs. Förslag på användningsområden för Pyrodur kan vara byggnader med sprinklersystem där det kan ha rekommenderats att gå från klass EI till den lägre klassen EW. Detta glas kan också förekomma i byggnader där det blivit konstaterat att brandbelastningen får vara lägre och kravet vid utrymning tillåter det. (Pilkington, 2022).

Det sista brandskyddsglas som Pilkington erbjuder är Pilkington Pyroclear. Detta glas används som barriär mot direkt flamspridning och rökgas vid brandklasserna E30 och E60. Dessa klasser innebär att det inte finns något krav på reduktion av värmestrålning till den icke brandutsatta sidan. Denna produkt används vid kostnadseffektiva lösningar där grundläggande brandskydd ställt som krav. Man kan använda det vid förhindring av att brand tar sig in i brandceller eller bara för att sektionera utrymningsvägar. (Pilkington, 2022).

9.2.4 Tjocklek och kvalitet

När det gäller maximimått vid brandklassade partier är området relativt begränsat men också varierat från tillverkare till tillverkare. På Swedoor är det inte möjligt att få det bredare än 10 meter om brandkraven ska kunna garanteras, det går ändå att montera ihop två stycken 10 meters partier. Viktigt att notera är även att brandklassade partier behöver delas av med en bärande väggkonstruktion om höjderna överstiger 2380 mm. (Swedoor, u.d.). I figur 20 finns uppräknat maximimi- och minimimått vid olika sorters glas med tanke på brand.

	Lasilevyn pidempi sivumitta (mm)	t (mm)	h (mm)	a (mm)
Karkaistu lasi	≤ 2500	≤ 12	13	6
	> 2500	≤ 12	17	8
	≤ 2500	> 12	15	8
	> 2500	> 12	19	10
Laminoitu lasi	≤ 2500	≤ 10	15	8
	> 2500	≤ 10	18	8
	≤ 2500	> 10	24	14
	> 2500	> 10	28	16
Eristyslasi, jossa turvalasi	≤ 2500	≤ 10	22	16
	> 2500	≤ 10	26	16
	≤ 2500	> 10	24	16
	> 2500	> 10	28	16



Figur 20. Maximimått enligt finska standarder (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2001).

Till följande kommer en tabell med fyra olika företag och några glas och eller ramsystem som de erbjuder.

Tabell 1

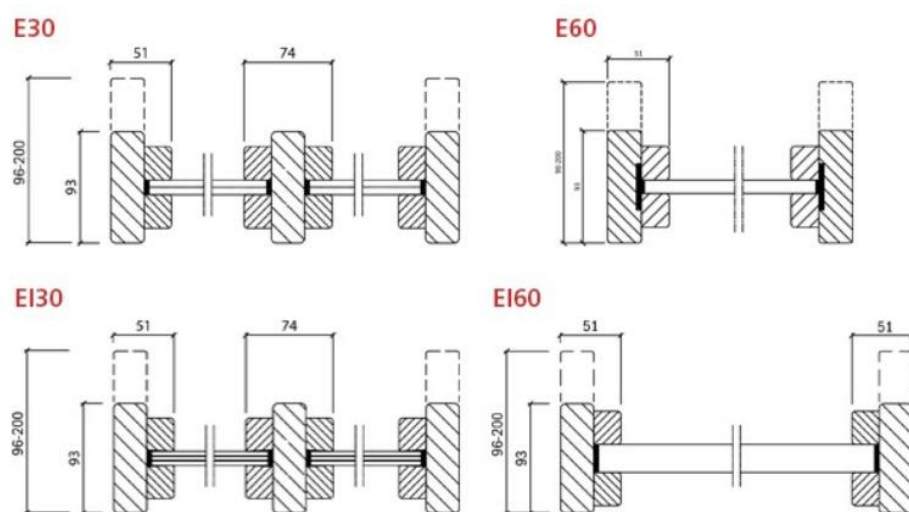
Företag	Glas- och /eller rammodell	Passar för:	Brandspecifikationer
Schüco	ADS 80 FR 30/60. Dörr- och fönstersystem	Innerväggar och ytterväggar.	F30, T30, G30, EI30-EI60
Schüco	ADS 65.NI FR 30. Dörr- och fönstersystem	Innerväggar.	EW30, E30.
Pilkington	Pilkington Pyrostop	Trapphus, korridorer, branddörrar, väggkonstruktioner, utrymningsvägar.	EI30-EI180. Integritet samt isolering, alltså värmestrålningen når inte till den icke utsatta brandsidan.
Pilkington	Pilkington Pyrodur	Branddörrar och mellanväggar.	EW30-EW60. Integritet och begränsad värmestrålning, alltså glaset begränsar värmestrålningen till den icke utsatta brandsidan.

Pilkington	Pilkington Pyroclear	Vid projekt med kostnadseffektiv lösning efterfrågas och grundläggande brandskydds krav ställs.	E30-E60. Grundläggande integritet, alltså glaset stoppar rök och flammor.
Purso	P50L	Fasader.	EI30-EI60.
Sapa	Glasparti 3086 Butt Joint	Fasader.	EI30-EI60.
Sapa	Dörr- och glasparti 2086	Fasader och dörrar.	EI30-EI60.

9.3 Brandsäkra fogar

Brandtätning har i uppgift att inte släppa igenom gaser vid brand var det finns brandskydds krav. Brandtätning är något som man bör ha i åtanke redan från byggets start, det kan spara pengar och tid. Man kan till exempel behöva tänka på brandtätning om en brandcell brutits när man gjort olika installationer. Där kan behövs tätning så att det inte bildas en svag punkt i brandcellen. (Täby Brandskyddsteknik, u.d.).

För att klara brandkraven vid glaspartier med träkonstruktion krävs en kraftig profil. På Swedoor används en konstruktion som på figur 21. Konstruktionen består av en slät karmprofil var glaset monterats med hjälp av glaslister som är fastskruvade på var sida. (Swedoor, u.d.).



Figur 21. Exempel på träramsystem och dess brandklass (Swedoor, u.d.).

10 Diskussion

För att dra ihop detta arbete kan man konstatera att glaskonstruktioner i alla dess former blir alltmer vanligare. Varför detta har skett är väl ganska enkelt att svara på egentligen. Att använda glas i konstruktioner ger byggnader ett elegant utseende och kan ge en uppfräschning för byggnaden. Även det uppenbara med att genom att få ljus in i en byggnad blir miljön trevligare på alla sätt och vis.

Att ett glas kan ha många olika egenskaper är ett faktum. I detta arbete har beskrivits allt från säkerhetsglas och eluppvärmda glas till brandglas. När man väljer vilka egenskaper man vill att ens glas ska inneha är det viktigt att komma ihåg att man inte kan få allt och man behöver tänka efter vad som är mest nödvändigt för just denna glaskonstruktion och byggnad. Man bör förstå projektet och glasets egenskaper: placering, orientering, funktion och specifika användningstider, bland andra variabler. Ju större glas, desto bredare bör det vara eller åtminstone bör det levereras med nödvändiga behandlingar för att säkerställa dess mekaniska motstånd. Är det ett varmt klimat kan det vara lägligt att välja glas som skyddar från värmestrålningar och minskar behovet av att behöva kyla ner alla inomhusutrymmen. Blir glasen mellanväggar i till exempel kontorslandskap kan det vara lägligt att välja glas med inbyggda insynsskydd.

Som en planerare av en byggnad som skall innefatta en glaskonstruktion av något slag, krävs att man har på koll vilket glas, vilket system och vilket ramsystem som lämpar sig bäst till det specifika projektet. Ett system som passar till ett projekt behöver inte nödvändigtvis passa till nästa. I arbetet har gått igenom olika system och förklarat för- och nackdelar med dem så som SG-system och dubbelskalsfasader.

Genom arbetets gång har man också fått en inblick i hur brandsäkerheten bedöms inom glasområdet. Det finns två typer av brandsäkert glas. Först har du brandsäkert glas som stoppar branden och de giftiga gaserna, vilket är den huvudsakliga dödsorsaken under en brand, och sedan brandväggen som stoppar branden, de giftiga gaserna och temperaturökningen. Den andra fungerar som en barriär som absorberar den nödvändiga andelen värme som hindrar branden från att spridas under en viss tid. Vid planeringen av glaset behöver man veta hur brandsäkert glaset behöver vara, alltså vilka specifikationer som angetts.

För att dra ihop detta arbete kan man konstatera att glas och glasindustrin är stor. Det finns hur många olika egenskaper som helst som kan tillämpas till ett glasparti och det är inte lätt

at bestämma vilka som krävs för projektet. Genom arbetets gång har man ändå fått en inblick i glasets värld och vad man kan välja mellan när det kommer till glasegenskaper, glassystem och ramsystem. Glasindustrin går konstant framåt och vem vet var vi befinner oss om 10 år?

11 Litteraturförteckning

- Augustson, B., & Olofsson, I. (1991). *Skador på glastak, glasfasader och "curtain wall"-konstruktioner*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- Bolseth Glas*. (u.d.). Hämtat från Fasader og glas: <https://www.bolseth.se/> den 29 9 2022
- Brennan*. (u.d.). Hämtat från <https://brennancorp.com/> den 10 10 2022
- CL Specialglas*. (2020). Hämtat från Fakta om El-uppvärmda Glas: <https://www.clspecialglas.se/>
- DOFAB*. (u.d.). Hämtat från <https://www.dofab.se/> den 10 1 2023
- European Aluminium*. (u.d.). Hämtat från Innovative, circular & low-carbon products thanks to aluminium: <https://european-aluminium.eu/> den 23 11 2022
- F2 Finlands Byggbestämmelsesamling*. (2001). Hämtat från Säkerhet vid användning av byggnad.
- Fenestella*. (u.d.). Hämtat från E-glas: <http://www.fenestella.se/> den 10 17 2022
- Franco, J. T. (den 22 6 2019). *ArchDaily*. Hämtat från How to Choose the Right Glass for Your Projects: <https://www.archdaily.com/>
- Glasbranschföreningen*. (u.d.). Hämtat från Brandskyddsglas: <https://www.gbf.se/> den 20 9 2022
- GlasLindberg*. (u.d.). Hämtat från Glastak: <https://www.glaslindberg.se/> den 31 10 2022
- GlasWeld* . (u.d.). Hämtat från Glas & Miljö: <https://glasweld.se/> den 29 9 2022
- Henderson, J. (2013). *Ancient glass*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Henrys Glazcon*. (den 6 6 2018). Hämtat från <https://www.glazcon.com/>
- Housing*. (u.d.). Hämtat från Pros and cons of glass facade buildings: <https://housing.com/> den 10 17 2022
- Intelligent Glass Solutions*. (u.d.). Hämtat från <https://igsmag.com/> den 7 12 2022
- Joy Shing Glass*. (den 1 9 2021). Hämtat från The use and existing problems of fireproof glass in building engineering: <https://www.joyshingglass.com/> den 10 20 2022
- Lundkvist, E. (u.d.). *Miljöpåverkan och återvinning*. Hämtat från Glasfacts: <https://glasfacts.wordpress.com/> den 29 9 2022
- LäckageExperten*. (u.d.). Hämtat från Vattenläckage i bostäder: <https://www.lackageexperten.se/> den 10 10 2022
- Markanvändnings- och bygglagen 1999/132*. (1999).
- Michael, M., & Overend, M. (2022). *Closed cavity façade, an innovative*. Cambridge: Building Services Engineering Research Technology.

- Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017. (den 12 12 2017). Helsingfors.
- Miljöministeriets förordning om säkerhet vid användning av byggnader 1007/2017.* (2017). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/>
- Morn glass.* (u.d.). Hämtat från <https://www.mornglass.com/> den 22 1 2023
- Nokian Profilit.* (u.d.). Hämtat från Rakennusjärjestelmä : <https://nokianprofilit.fi/> den 17 10 2022
- Palovaara.* (u.d.). Hämtat från Tulipallosimulaatiot: <http://palovara.pelastustoimi.net/> den 23 11 2022
- Pilkington.* (u.d.). Hämtat från <https://www.pilkington.com/> den 10 10 2022
- Pilkington.* (2022). Hämtat från Glasfakta 2021 (update 1): <https://www.pilkington.com/>
- Purso .* (2022). Hämtat från Byggsystem i aluminium: <https://purso.fi/>
- R Fix.* (u.d.). Hämtat från Glasfasad med punktfästen – vad används den till och varför?: <https://rfix.eu/> den 22 9 2022
- Reynaers Aluminium.* (u.d.). Hämtat från <https://www.reynaers.com/> den 7 12 2022
- Rubner.* (den 10 10 2022). Hämtat från Timber and glass facades: <https://www.rubner.com/>
- Saacks, D., & Carpenter, B. (den 30 1 2015). *The Construction Specifier.* Hämtat från Quality control issues with fire-related laminated glazing: <https://www.constructionspecifier.com/> den 20 10 2022
- Sapa Building System.* (u.d.). Hämtat från Sapa: <https://www2.sapabuildingsystem.com/sv/se/> den 1 10 2022
- Schittich, C., Balkow, D., Schuler, M., Sobek, V., & Staib, G. (2007). *Glass construction manual.* Basel: Birkhaeuser Verlag AG.
- Schüco.* (u.d.). Hämtat från Schüco: <https://www.schueco.com/se/> den 1 10 2022
- Sędkak, B., Kinowski, J., Izydorczyk, D., & Sulik, P. (2015). *FIRE RESISTANCE TESTS OF ALUMINIUM GLAZED PARTITIONS.* Warsaw: Building Research Institute.
- SF-EN 1992-1-2:2004. (den 22 1 2009). Stockholm.
- SFS-EN 12600.* (u.d.). Hämtat den 22 1 2023
- Signe (Red.). (u.d.). *Layers.* Hämtat från <http://layers.se/> den 10 1 2023
- SmartGlass.* (u.d.). Hämtat från Privacy Smart Glass: <https://www.smartglassinternational.com/> den 10 10 2022
- Statsrådets förordning om krav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen 577/2003.* (2003). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. (2001). *RIL 198-2001 Valoaläpäisevät rakenteet*. Helsingfors: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

Suomen Tasolasiyhdistys. (u.d.). Hämtat från <https://www.tasolasiyhdistys.fi/> den 17 01 2023

Svenska fönster. (u.d.). Hämtat från <https://svenskafonster.se/> den 5 10 2022

Swedoor. (u.d.). Hämtat från Brandklassade glaspartier: <https://www.swedoor.se/> den 20 9 2022

Tekniska Museet. (u.d.). Hämtat från Glas: <https://www.tekniskamuseet.se/> den 27 9 2022

TMD Solenergi. (u.d.). Hämtat från <https://www.tmdenergi.se/> den 18 1 2023

Täby Brandskyddsteknik. (u.d.). Hämtat från Brandtätning: <https://www.brandtatning.net/> den 21 9 2022

Vastavallo. (u.d.). Hämtat från <https://www.vastavallo.net/> den 3 1 2023

W&W glass. (u.d.). Hämtat från What is structural glazing: <https://www.wglass.com/> den 17 10 2022

Handbok: planering av glaskonstruktioner

Glas är ett komplext byggnadsmaterial och det kan göra stor skillnad för en byggnads exteriör. Det finns mycket man behöver tänka vid planering av glaskonstruktioner, vare sig det gäller små glasväggar inomhus eller hela fasader av glas. Därför kommer här en kort handbok om glas.

Sammanfattning av glasegenskaper

När det kommer till vilka egenskaper som ska implementeras till glaset finns det mycket att välja på, därför kommer här en snabb genomgång av glasegenskaper. Isolerglas innehar isoleringsegenskaper, men dessa kan också ha egenskaper av andra glas så som energisparglas och solskyddsglas. Energisparglas kan också kallas värmeisolerat glas. Glaset fungerar genom att minimera kallras och strålningsdrag och bidrar genom detta till en minskad energianvändning. Solskyddglaset absorberar eller stöter bort solvärmeinstrålningen, detta betyder att den värsta solvärmehållningen hålls ute.

Sätter man solpaneler som släpper igenom solljus men också samlar energi på samma gång har man ett solenergi glas. Dessa producerar grön energi och lämpar sig bra för till exempel kontorsmiljöer. Det finns också självtvättande glas som fungerar genom att en beläggning finns på glaset utsida, och vid regn reagerar detta ämne, vilket leder till att smuts och dam polas bort. Eluppvärmda glas, även kallat E-glas, är ett glas som kan omvandla elektricitet till värme. Har man E-glas behövs sällan radiatorer vid fönstren eftersom de har en god termisk förmåga och inget kallras uppstår. Om vi övergår till elektronisk tonade rutor är detta en relativt ny utveckling. Detta är ett glas som man ändras från klart genomskinligt till ogenomskinligt på bara en sekund. Detta lämpas sig bra i kontorslandskap.

Bestämmelser och anvisningar

Säkerhets- och skyddsglas används när det finns risk för kollision med glaset, förhindra fall eller när glaset skyddar mot inbrott, skadegörelse och skottlossning. Konstruktionerna och deras fästen ska vara sådana att det inte går att bryta sig in i utrymmet utan att bryta konstruktionerna med verktyg. Glaset bör undvika skårar och hål, om möjligt, eftersom de kan påverka produktens hållbarhet. (Suomen Tasolasiyhdistys, u.d.).

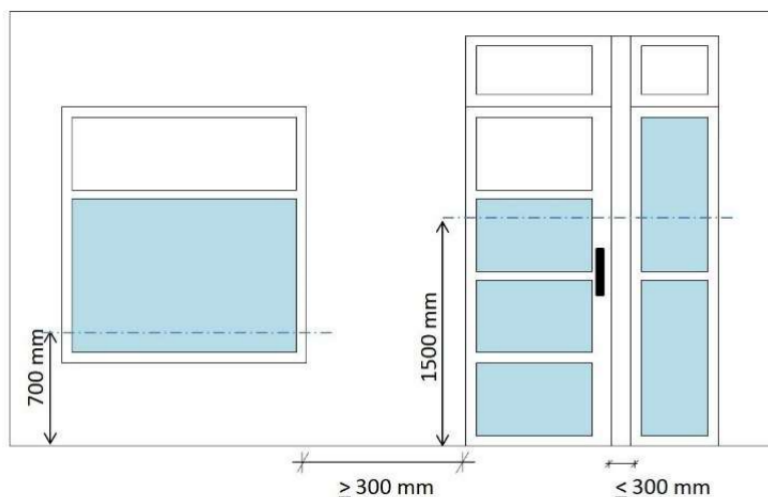
Säkerhetsglas är sådant glas som ska klara av kollisionlast och detta är härdat-, laminerat- eller trådarmerat glas. Om granuleringen eller söndringen av glaset leder till att en person kan falla, används laminerat glas, trådarmerat glas eller laminerat och härdat glas kombinerat. En genomskinlig glasyta som inte har en horisontell delning och som avgränsar en gångväg bör alltid förses med en markering på en höjd mellan 900–1500 mm. (Miljöministeriets förordning om säkerhet vid användning av byggnader 1007/2017, 2017).

Ett öppet fönster får inte medföra risk för arbetstagare. Glasen ska också redan i planeringsskede vara konstruerade så att de inte medföra fara för arbetstagare att tvätta dem. (Statsrådets förordning om krav för säkerhet och hälsa på arbetsplatsen 577/2003, 2003).

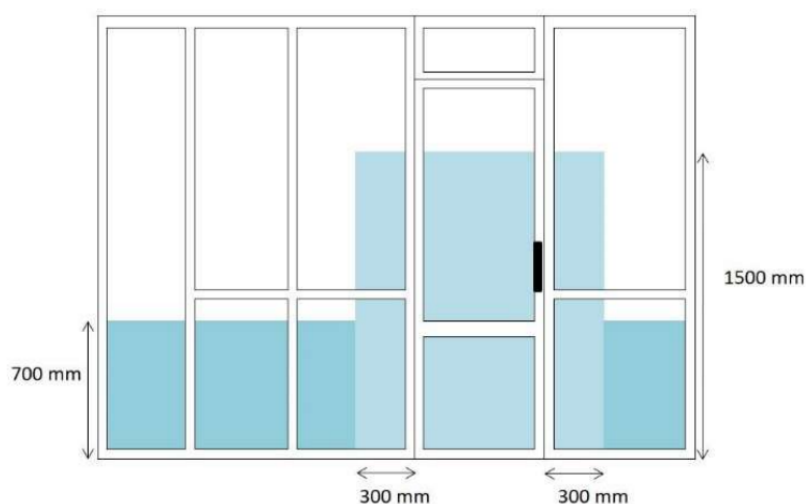
De bärande konstruktionerna i en byggnad som uppfyller de krav som ställs på brandsäkerhet klarar den minimitid som ställs för dem i händelse av brand. I en brandsituation ska hänsyn tas till kollaps av byggnadens strukturer, säkrande av utgången, räddningsinsatser och att få branden under kontroll. Byggprodukter och teknisk utrustning ska vara lämplig ur brandsäkerhetssynpunkt och vid brand ska de som befinner sig i byggnaden kunna utrymma eller så ska personerna på destinationen räddas på ett sätt som tar hänsyn till räddningspersonalens säkerhet. (Miljöministeriets förordning om byggnaders brandsäkerhet 848/2017, 2017).

Placering av skydds- och säkerhetsglas

Säkerhetsglas bör vara installerade var fönster, glasväggar och glasdörrar har en risk för kollision. Detta gäller även bostadshus. Säkerhetsglas bör användas i dörrar i gångvägar var glasytans höjd överstiger 1500 mm från golvet, detta gäller i allmänna utrymmen. Även fönster och dörrar i allmänna utrymmen var glasytans höjd understiger 700 mm från golvet bör säkerhetsglas användas. Konkret placering ses i figurerna 1 och 2. (Markanvändnings- och bygglagen 1999/132, 1999).



Figur 1 Illustrerat var säkerhetsglas bör placeras i offentliga byggnader (SFS-EN 12600, u.d.).



Figur 2 Illustrerat var säkerhetsglas bör placeras i offentliga byggnader (SFS-EN 12600, u.d.).

Skyddsglas kan vara uppbyggt av laminerat glas eller som en kombination av laminerat glas och härdat glas. Dessa används främst för att minimera effekten av angrepp, skydda mot glasedfall och tryckbelastningar och ovarsam behandling. Säkerhetsglas är gjorda av termiskt härdat eller laminerat glas och används främst för att förhindra personskador genom att förhindra skärskador och glassplitter. (Pilkington, 2022).

Branddetaljer

Det finns två typer av brandsäkert glas. Först har du brandsäkert glas som stoppar branden och de giftiga gaserna, vilket är den huvudsakliga dödsorsaken under en brand, och sedan brandväggen som stoppar branden, de giftiga gaserna och temperaturökningen. Den senare fungerar som en barriär som absorberar den nödvändiga andelen värme som hindrar branden

från att spridas under en viss tid. Vid planeringen av glaset behöver man veta hur brandsäkert glaset behöver vara, alltså vilka specifikationer som angetts. (Franco, 2019).

Tidigare var brandskyddsglasen ofta gjorda av trådglas och dessa kan ses ännu idag i många ställen. Dagens brandskyddsglas är dock oftast utan trådnät. De består av en uppbyggda på laminerat glas, specialhärdat glas, keramiska glas eller glas som blivit behandlade med speciella tillsatser för att klara av brand. Vill man ha glas som är avsedda för att kunna skydda och stå emot strålning används laminerat glas. Det laminerade glaset blir ogenomskinligt vid brand och laminatskiktet kokar bort. (Glasbranschföreningen, u.d.).