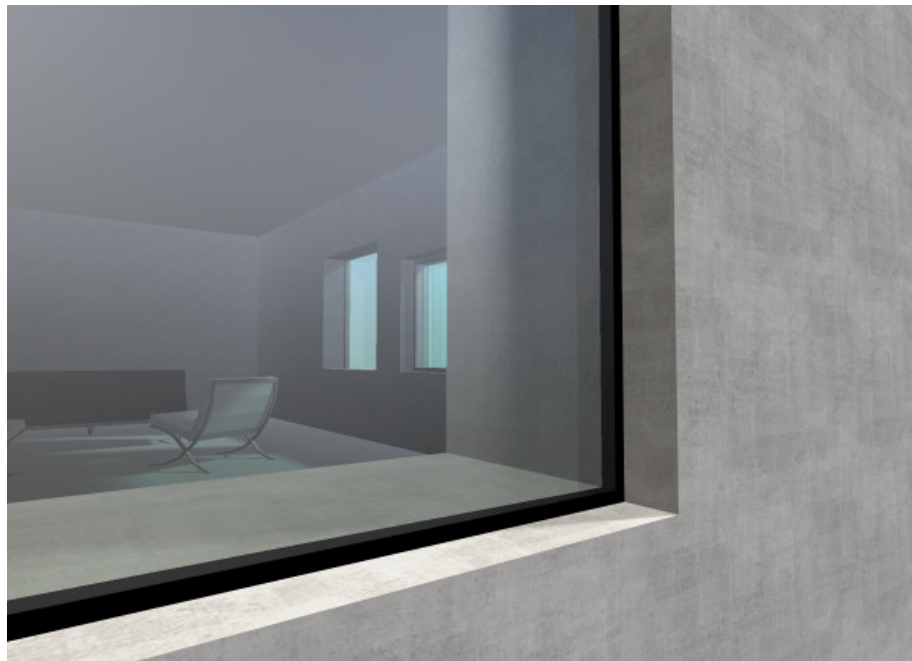


Mötet mellan glas och betong

Fönsterinfästning – funktion och estetik



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Examensarbete:
Anna Persson
Maja Ullén

© Copyright Anna Persson, Maja Ullén

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2009

Sammanfattning

God arkitektur kräver att funktion och estetik går hand i hand. Då majoriteten av dagens fönsteruttryck präglas/inverkas av en dominerande karm presenteras i denna rapport alternativa konstruktionslösningar. Det estetiska uttrycket som eftersträvas är fönster i betongsandwichelement med en minimering av fönsterkarm eller en icke synlig infästning av fönstret utifrån specifika materialval, glas och betong. För att ge läsaren full förståelse av vad som eftersöks visas det sökta uttrycket genom illustrationer.

Intressanta praktiskt tillämpade lösningar presenteras i rapporten med bilder och ritningar. Läsaren ska få en inblick i vilka krav och normer som ska uppfyllas för att erhålla ett bra resultat. Fönstret skall ge ett trivsamt inomhusklimat, begränsad energiåtgång, bra ljusinsläpp m.m. Även en mindre sammanställning av de ingående materialen och dess egenskaper presenteras.

Två konstruktionsförslag har tagits fram och presenteras i rapporten. Eventuella problem om hur konstruktionen går att tillämpa i praktiken diskuteras i slutet av rapporten.

Nyckelord:

Fönster

Fönsterinfästning

Funktionskrav

Prefabricerad betong

Abstract

Good architecture is innovative use of engineering principles along with satisfying use of design in a pleasing and aesthetically acceptable manner. The majority of current window expressions are characterized/affected by a dominant frame. In this report alternative construction solutions will be presented and examined. The expression that the investigation strives for is a window in a wall □ sandwich element of concrete and isolation with a minimal window frame or a non □ visible attachment frame of the window. Specific material is chosen; glass and concrete. To give the reader full comprehension of the attempt, the expression is shown in illustrations.

Interesting practical solutions are introduced with pictures and blueprints. The reader will get an insight in the demands and standards that have to be fulfilled for a good result. The window must fulfill the demands regarding a comfortable indoor climate, limit energy usage, decent light through put, etc. The materials and their characteristics that are utilized in the window and its framing are presented.

Two construction proposals are presented and possible problems that may occur during their life-cycle are discussed further at the end of the report.

Keywords:

Window

Window attachment frame

Functional requirements

A wall of prefabricated concrete

Förord

Följande rapport är ett examensarbete omfattande 22,5 högskolepoäng på Byggt teknik med arkitektur, högskoleingenjörsutbildning (180hp) vid Lunds Tekniska Högskola campus Helsingborg. Examensarbetet har skett i samarbete med institutionen för byggmekanik LTH.

Speciellt tack till vår examinator och handledare Kent Persson och Bertil Fredlund på Lunds Tekniska Högskola.

Ett stort tack riktas även till följande personer som givigt oss stöd och hjälp under arbetets gång.

Jan-Åke Andersson, Kreativa Hus Arkitekter HB
Per Gunnar Burström, LTH
Alf Rolandsson, Pilkington
Peter Rudblom, Skandinaviska Glassystem AB
Lars Sentler, LTH

Helsingborg juni 2009

Anna Persson och Maja Ullén

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Metod	3
2 Arkitektoniska aspekter	5
2.1 Sigurd Lewerentz	6
2.1 Skandinaviska Glassystem AB	7
2.1 Kreativa Hus Arkitekter HB	8
3 Ingående element	9
3.1 Isolerruta	9
3.1.1 Glas	9
3.1.1.1 Funktionsglas	12
3.1.2 Distansprofil	12
3.1.3 Spalt	12
3.1.4 Kantförsegling	13
3.1.5 Toleranser för isolerrutor	13
3.2 Betongsandwichelement	13
3.2.1 Betong	14
3.2.2 EPS (cellplast)	15
3.2.3 Cellglasisolering	15
3.2.4 Toleranser	15
3.3 Material för infästning	16
3.3.1 Fog- och infästningsmaterial	16
3.3.1.1 Fogmassor	16
3.3.1.2 Klossning	17
4 Funktionskrav	17
4.1 Dimensionering	17
4.1.1 Egenvikt	18
4.1.2 Vindlast	18
4.1.3 Temperaturbetingade rörelser	18
4.2 Funktionskrav -värme och energi	19
4.2.1 Värmeförluster	20
4.2.2 U-värde	21
4.2.3 Energimärkning	21
4.3 Inomhusklimat	21
4.1 Ljusisolering	22
4.2 Ljudisolering	23
4.3 Kondenssäkerhet	23
4.4 Regnsäkerhet	24

4.5	Lufttäthet.....	24
4.6	Skyddsglas; brand	25
4.7	Skyddsglas inbrott	26
4.8	Säkerhetsglas; personsäkerhet.....	26
4.9	Hållbarhet.....	27
4.10	Utbytbarhet	27
4.11	Rengöring	27
5	Förslag till konstruktion	28
5.1	Alternativ 1.....	29
5.1.1	Uppfyllande av funktionskrav	30
5.2	Alternativ 2.....	39
6	Analys av resultat	41
7	Diskussion och Slutsatser	42
8	Avslutande del	43
8.1	Litterära källor.....	43
8.2	Internetkällor.....	44
8.3	Tidningskällor	45
8.4	Muntliga källor	45
8.5	Bildkällor	45
8.6	Bilagor	46

Figurförteckning

1 Inledning

1.1 Visualisering: tidig vison om slutresultat

1.2 Visualisering: tidig vison om slutresultat

2 Arkitektoniska aspekter

2.1 Blomsterkiosken, Malmö.

2.2 Fönsterinfästning (blomsterkiosken), Malmö

2.3 Detaljritning av fönsterinfästning (blomsterkiosken), Malmö

2.4 Fönster (marinmuseet), Karlskrona

2.5 Deltaljritning av fönsterinfästning i fasad (marinmuseet), Karlskrona

2.6 Detaljritning av fönsterinfästning i grund (marinmuseet), Karlskrona

2.7 Fönster (villa), Åhus

2.8 Fönsterinfästning (villa), Åhus

2.9 Detaljritning av fönsterinfästning (villa), Åhus

3 Ingående element

3.1 Treglasisollerruta

3.2 Våglängder

3.3 Direkt och diffus strålning

3.4 Strålning genom glas

3.5 Härdat glas

3.6 Laminerat glas

3.7 Betongsandwichelement

3.8 3-glasisoleruta i fast tråkarm, tvåstegstätning,

3.9 Principen för tvåstegstätning

3.10 Egenlast

3.11 Vindlast

3.12 Temperaturbetingade rörelser

3.13 Värmeförlust

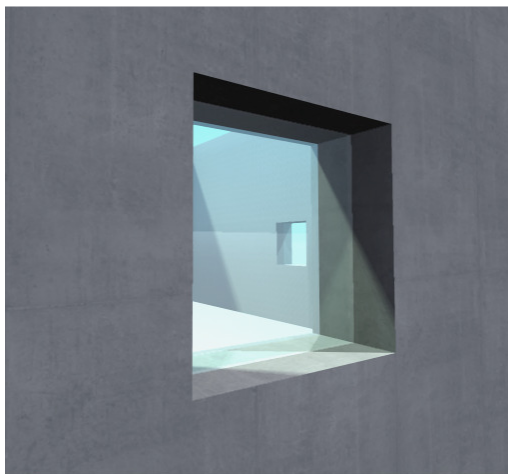
4 Funktionskrav

4.1 Placering av säkerhetsglas

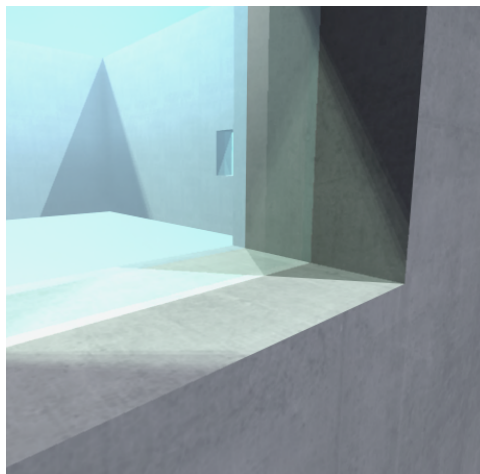
5 Förslag till lösning

- 5.1 Visualisering: förslag til lösning
- 5.2 Detaljritning alt.1
- 5.3 Värmeflöde alt.1
- 5.4 Solinstrålning
- 5.5 Temperaturfördelning alt.1
- 5.6 Referensvindhastighet, Sverige
- 5.7 Detaljritning alt.2
- 5.8 Temperaturfördelning alt.2
- 5.9 Värmeflöde alt.2

1 Inledning



Figur 1.1



Figur 1.2

Målet med arbetet är att skapa en fönsterkonstruktion vars visuella uttryck skall vara ett fönster insatt i betong utan karm. Uttrycket skall skildra upplevelsen av mötet mellan betongens råa kalla yta och glasets klara transparenta utseende. Målet är samtidigt att samtliga funktionskrav för fönsterkonstruktioner ska uppfyllas. Med två bestämda materialval, betong och glas, presenteras i figur 1.1 och 1.2 en tidig vision av slutresultatet, det s.k. uttrycket. Illustrationen har sedan fortlöpande präglat arbetet.

För att erhålla ett fungerande klimatskal i ett hus ställs inte bara krav på fönsterkonstruktionen i sig; ett hus ska ses som en helhet. Anslutningarna mellan t.ex. vägg, dörr och fönster är därför viktiga. Utöver de funktionella krav ett fönster skall uppfylla så bidrar även infästningen till det samlade visuella intrycket av fasaden.

I arbetet introduceras en kortare beskrivning av några konstruktionslösningar som praktiseras och har praktiserats, vars visuella utseende är jämförligt med illustrationen i figur 1.1 och 1.2. Därefter presenteras en isolerrutas uppbyggnad samt ett prefabricerat element i betong. Även glas och betongs materialegenskaper beskrivs för att kunna förutse möjliga problem som kan uppstå. Fönstret skall uppfylla samtliga funktionskrav utformade av BBR (Boverkets byggregler). Råd och anvisningar ska följas i största möjliga mån utifrån MTK (Monteringstekniska kommittén) som är en organisation sammansatt av glasbranschen för att utarbeta anvisningar och riktlinjer för val och montering av glas i byggnader. Funktionskraven sammanställs i rapporten och avslutningsvis presenteras två alternativ till en konstruktionslösning. I analysen av resultatet förtydligas resultatets fördelar och begränsningar. I slutsatserna knyts arbetets olika delar ihop, där redogörs bland annat hur

funktionskraven för de två konstruktionslösningarna uppfylls. Till sist sker en diskussion om hur de två alternativen kan användas i praktiken.

1.1 Bakgrund

Betongarkitektur och att bygga med glas har blivit en arkitektonisk trend. Nya tillverkningsmetoder och byggnadstekniska framgångar för betongkonstruktioner har gett möjlighet till större dimensioner och mer avancerade utföranden (Redlund 2008).

Utformning och placering av fönster betyder mycket för ett hus karaktär. Fönster ger möjlighet att tillvarata dagsljuset utanför, något som vi alla är behov av för vårt välbefinnande. Förr i tiden var fönster enbart ett öppet hål i taket eller väggen som stängdes med luckor. Längre fram i tiden täcktes hålet med djurhud som skrapats för att bli tunt och ljusgenomsläppligt. Med utvecklingen kom sedan glaset, fasta icke öppningsbara fönster. Glaset var till en början grönt, brunt eller grått tills mindre färgade fönster fick sitt genombrott. Glasfönster blev vanligt först långt efter medeltiden (Fönstrets historia 2009).

Eftersom fönster är en del av klimatskalet på ett hus har den en mängd funktioner att uppfylla. Glasets isolerande egenskaper har utvecklats enormt, från användning av en englasruta till en treglas isolerruta.

Betonghus byggdes förr utan armering, ibland tillsattes dock grenar, halm och liknande för att få ett mer segt och hållfast material. Korta byggtider och ökade kvalitets- och produktivitetskrav har medfört bättre hållfast, formbar och beständig betong (Redlund 2008). Sandwichelementet som kom med utvecklingen förenklade ytterligare byggandet av hus i betong

1.2 Syfte

Intentionerna med arbetet/studien är att förena funktion och estetik, betraktande infästningsmöjligheter av glas i betong med avseende på fönster. Målet är att samtliga funktionskrav ska uppfyllas, för att detta ska vara möjligt väljs utifrån de valda materialen glas och betong en treglas isolerruta samt ett sandwichelement, d.v.s. betong med mellanliggande isolering. Studien syftar till att bredda vyerna för alternativa infästningar med avseende att resultatet av det estetiska utseendet i minsta möjliga mån ska skiljas från illustrationsbilden som visas i figur 1.1 och 1.2. Med litteraturstudier och intervjuer med erfarna personer från glas- och betongbranschen utreds möjliga svårigheter och brister som kan tänkas uppstå. Infästningsmetoder studeras på befintliga konstruktioner vars estetik är liknande illustrationsbilden, detta för att skapa kunskap om vad som tillämpas i praktiken.

Följande punkter anger de huvudsakliga frågeställningarna i studien:

- Vilka infästningsmöjligheter finns idag att tillgå vars utseende motsvarar det sökta uttrycket och som samtidigt är tillämpligt med avseende på de aktuella materialvalen?
- Efterfrågas denna typ av lösning, finns det något intresse?
- Vilka funktionskrav ska ett fönsterparti uppfylla, med en avgränsning på fasta fönster i ett småbostadshus?
- Kommer den aktuella konstruktionen att uppfylla samtliga funktionskrav?

För att läsaren ska förstå innebörden av vad som avses med olika ord i denna rapport förklaras de här:

Fönster är en ljusöppning (med glasruta) i vägg (Bonniers svenska ordbok). Med glasruta avses i denna rapport en treglas isolerruta. Fönsterkarm är en ram av trä eller dylikt runt fönster (Bonniers svenska ordbok) och småbostadshus är en- eller tvåplansvillor.

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till väggfönster i småbostadshus d.v.s. i en- eller tvåplansvillor, med avseende på fasta fönster. De ingående elementen som behandlas är en glasruta som utgörs av en treglas isolerruta med mellanliggande emissionsskikt samt ett betongsandwichelement. Storleksintervallet är små- till mellanstora fönster. Vid beräkningar används fönstermått 1,5x1,5m under normala svenska klimatförhållande.

1.4 Metod

Tyngdpunkten i studien ligger i att skapa förståelse för fönster i betongfasad och att sammanställa samtliga funktionskrav som skall vara uppfyllda för att sedan kunna ta fram en egen konstruktionslösning.

Det inledande arbetsmomentet består främst av kvalitativa samtalsintervjuer som har genomförts med erfarna personer från etablerade glas- och betongföretag. Som utgångspunkt för samtalen användes en relativt öppen frågeställning, vilket ger den fördelen att intervjupersonernas tankar får stort utrymme. En central fråga samtalen kretsat kring bygger till stor del på huruvida det går att fästa in fönster i betongsandwichelement med en minimering av fönsterkarm eller en icke synlig infästning av fönstret. Avsikten med den centrala utgångspunkten i samtalen var att få en bild av hur tillämplig och efterfrågad lösningen kan tänkas vara. En nackdel med den här metoden kan vara att man till viss del förlorar den bredd som fås vid förslagsvis en enkätundersökning.

På grund av att det inte finns någon vetenskaplig litteratur för en karmlös infästning av glas i betong har enbart enskilda delar kunnat studeras i ett fönsters uppbyggnad och infästning. Arbetet har grundat sig på funktionskraven som kontinuerligt ifrågasatts och sedan applicerats på framtagna förslag till konstruktionslösningar. Även litteraturstudier och erfarenheter från verksamma aktörer inom glas och betongbranschen har bidragit med viktiga inslag.

Arbetet har skett utifrån funktionskraven därför har det varit naturligt att arbeta utifrån BBR, BKR (Boverkets konstruktionsregler) samt MTK. Viktiga fakta om glas och betong har vi främst tagit från böckerna byggnadsmaterial, bygga med glas och boken om glas. Litteratur och intervjupersonernas erfarenheter har sammanställts och granskats eftersom strävan är att se konstruktionen som en framtida lösning.

Under rapportens gång har visualiseringsarbetet varit ett viktigt verktyg, med hjälp av program som ArchiCAD och Sketchup kunde man konkretisera och på så vis lättare förmedla önskat resultat.

På grund av många referenser är de uppdelade under olika rubriker; Litterära källor, internet-, tidningskällor, muntliga källor och bild källor.

2 Arkitektoniska aspekter

Inom byggnadskonsten har fönstret en viktig roll. God arkitektur kräver att funktion och estetik går hand i hand. Utöver funktionen som klimatskal ska fönstret utifrån sett bidra till en estetiskt tilltalande helhet. Inifrån sett ska ett fönster ge oss möjligheten, genom glasets transparens, att kunna uppleva det som finns utanför. Fönstret och dess ljusinsläpp är en förutsättning för god inomhusmiljö.

De faktorer som inverkar på det samlade intrycket ett fönster ger är många. Själva infästningen i ytterväggen är en. Ibland fodras en markerande karm till byggnadens fördel men vid andra tillfällen föredras en mindre karm som inte tar över fönstrets uttryck. Dock tenderar ofta karm och bågprofiler att få väl tilltagna dimensioner trots negativ inverkan på det arkitektoniska intrycket (Maurin 1984).

Fönsterkompositionen tar form genom en kombination och variation av mängd, storlek och disposition. Djupledsplacering kan understryka väggens tyngd genom att vara indragen och ett fönster i liv med fasaden kan istället framhäva fasadens enhetlighet.

För det aktuella uttrycket i rapporten finns ett antal olika alternativ till infästning av fasta fönster; Mekanisk infästning med profiler där karndimensioner reducerats, inbyggda infästningar där själva infästningen i möjlig grad döljs och karmlöst utförande där glaset limmas in. De förstnämnda är klart dominerande och det mest beprövade. I följande avsnitt beskrivs några praktiskt tillämpade infästningslösningar:

2.1 Sigurd Lewerentz

År 1970 stod Blomsterkiosken på östra kyrkogården i Malmö klar och blev Sigurd Lewerentz sista byggnadsverk (Tykesson 2001). Med enkelhet av rå betong och det branta koppertaket i frånvaro av avvattningsystem valde Lewerentz att frångå de traditionella metoderna för fönsterinfästning. Glasrutan är placerad i liv med fasaden i betongfalsar, tätade med svart fogmassa och fastbultade med rostiga stålbeslag (Ahlin 1985).



Figur 2.1

Blomsterkiosken, östra kyrkogården Malmö

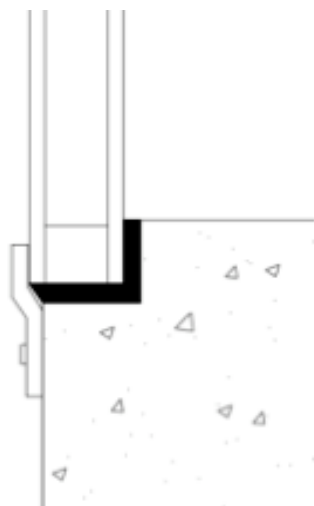
Figur 2.1 Blomsterkiosken.

Figur 2.2 Fönsterinfästning.

Figur 2.3 Detaljritning av fönsterinfästning.



Figur 2.2



Figur 2.3

2.1 Skandinaviska Glassystem AB

Skandinaviska glassystem är ett väletablerat företag, som varit delaktiga i projekt som Operahuset i Oslo och House of Sweden i Washington. De arbetar med lösningar som faller inom ramen för enkelheten som kan ses vid *Structrual glazing*, där isolerrutan är placerad i liv med fasaden och förankras i bakomliggande aluminiumprofiler. Intrycket på utsidan blir släta glasytor som diskret delas av med silikonfogar. Glaset fästs in mekaniskt där synliga profiler är koncentrerade till insidan vilket innebär stort spelrum för val av form och uttryck. Detta egenpatenterade system är en del av SG2000 som skräddarsys med anpassning till respektive projekt, där dimensioner och indelning kan variera (SG 2000 2.8.2009.).



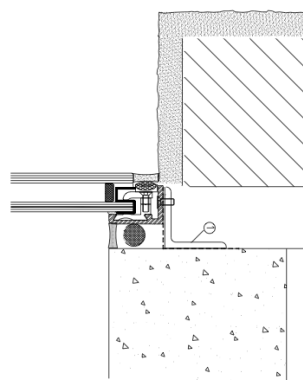
Figur 2.4

Marinmuseet, Karlskrona

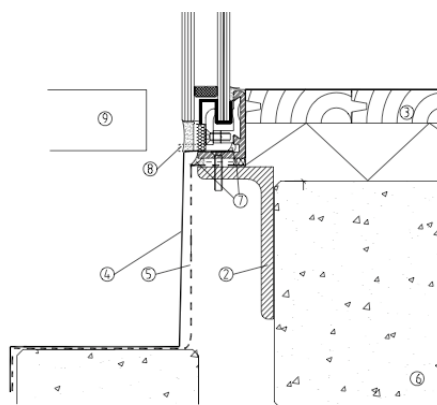
Figur 2.4 Marinmuseet, Karlskrona

Figur 2.5 Deltaljritning av fönsterinfästning i fasad

Figur 2.6 Detaljritning av fönsterinfästning i grund



Figur 2.5



Figur 2.6

1. VINKEL-PROFIL 50x50x5mm
2. VINKEL-PROFIL 50x100x8mm, EJ GLASENTREP.
3. TRÄGOLV, EJ GLASENTREP.
4. KOPPAR-BESLAG
5. SARNAFILDUK
6. BETONGSTOMME, EJ GLASENTREP.
7. SILIKONFOG
8. DRÄNERINGSPIP 2 ST/GLAS
9. BRYGGA, EJ GLASENTREP.

2.1 Kreativa Hus Arkitekter HB

Kreativa hus är ett företag som ritar småhus med en strävan efter lågenergilösningar och att bygga med miljövänliga material. I sitt pågående projekt där Kreativa hus bygger passivhus i Åhus kommer 3-glas isolerrutor fästs in med silikonfog, i liv med fasaden. Utförandet har tidigare praktiserats under flera år, då med 2-glasrutor utan att några problem kopplade till utförandet iakttagits. Utförandet har utretts och godkänts av glastillverkaren Pilkington (*Andersson, J-Å 2009*).

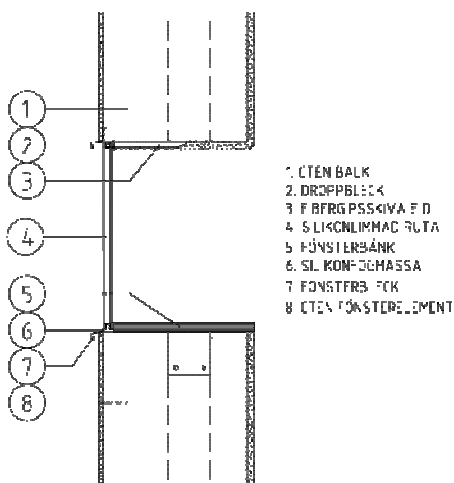


Figur 2.7

Villa, Åhus
Ritad av Kreativa Hus Arkitekter.
Figur 2.7 Fönster.
Figur 2.8 Fönsterinfästning.
Figur 2.9 Detaljritning av fönsterinfästning.



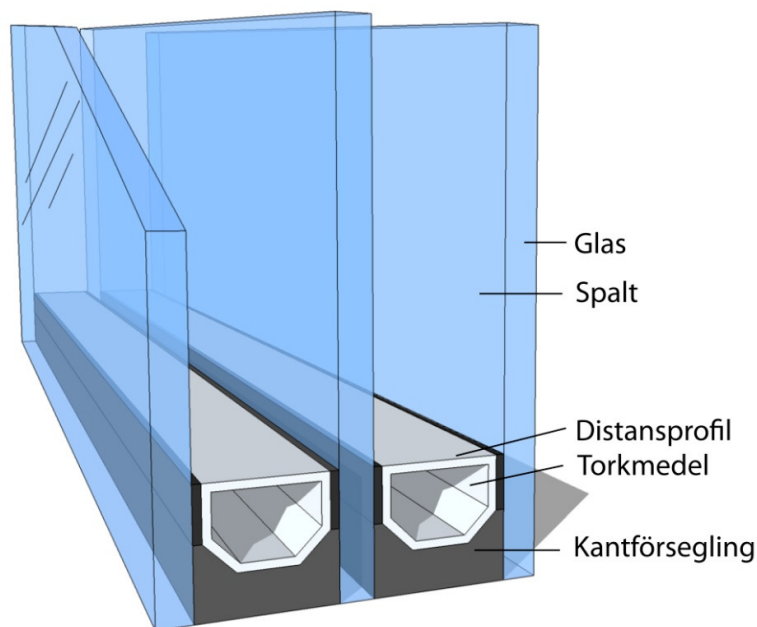
Figur 2.8



Figur 2.9

3 Ingående element

3.1 Isolerruta



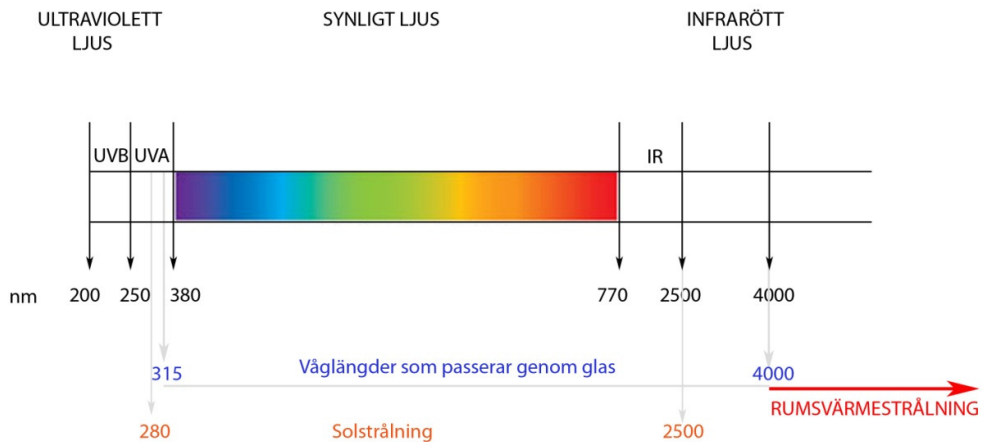
Figur 3.1

Bildtext: Isolerrutan består av två eller tre planglas vanligen 4 mm tjocka som distanseras med profiler och bildar hermetiskt förseglade spalter.

Vid fönsterinsättning dominerar idag isolerrutor. Genom att välja en isolerruta ökar värmemotståndet vilket i sin tur leder till bättre termiskt klimat och lägre energiförbrukning. Livslängden för en isolerruta vid rätt tillverkning samt montering bör enligt glasbranschen vara över 50 år (Carlsson 2005).

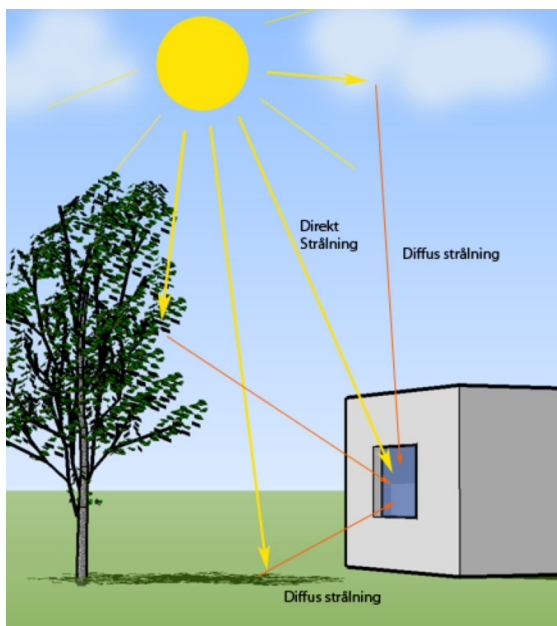
3.1.1 Glas

Glas är hårt och sprött utmärker sig genom sin egenskap av att vara transparent. Som fönsterglas används idag nästan uteslutande planglas, plana glasskivor av sodakalksilikat tillverkade enligt flytglasmetoden, så kallat floatglas (Burström 2001). Materialet har en amorf icke kristallin struktur. Dess höga viskositet vid smält tillstånd gör att glaset behåller den oordnade stukturen vid snabbare avkylning, denna stuktur medverkar även till att materialet blir transparent (Falk et al. 2005).



Figur 3.2

Värmetransport i glas sker genom värmeledning och strålning. Infallande strålning mot glas kan delas in i två typer, kortvågig och långvågig. *Långvågig strålning* ligger inom våglängdsområde 300-8000 nm och emitteras dag och natt från ytor (se figur 3.2)(Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973) Den *Kortvågiga strålningen* har våglängdsområde 30-200 nm. Det är solinstrålning som tillförs under den ljusa delen av dagen i form av direkt solstrålning och diffus strålning. Dess intensitet beror på solens höjd samt atmosfärens klarhet (se figur 3.2). *Direkt strålning* sker direkt från solen (se figur 3.3). *Diffus strålning* är långvågig strålning som sker från himlen och reflekterande strålning från mark och omgivning (se figur 3.3) (Höglund & Åhlgren 1973).



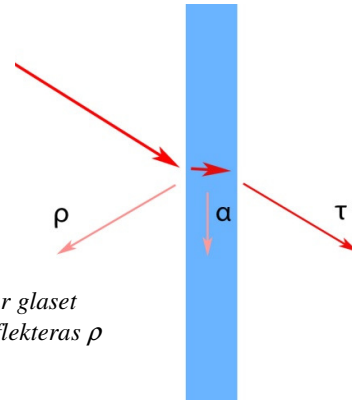
Figur 3.3

Bildtext: Solinstrålningen delas upp i Diffus strålning och direkt solstrålning.

Beroende på infallsvinkel, typ och tjocklek på glaset samt strålningens våglängd bestäms mängden strålning som kommer att absorberas α , reflekteras ρ samt att transmitteras τ (Höglund 1973) Se figur 3.4. Hos glas ligger transmittansen τ för långvågig strålning närmare 1 och för kortvågiga närmare 0 (Sandin 1996).

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Summan blir den totala instrålningen (Sandin 1996).



Figur 3.4

Bildtext: Strålning som träffar glaset kommer att absorberas α , reflekteras ρ samt att transmitteras τ .

Eftersom glaset är hårt och sprött är det inte plastiskt deformerbart, detta betyder att glaset är sämre på att ta upp punktlaster i jämförelse med utbredda laster. Motståndet mot korttidslaster är betydligt bättre än långtidslaster (Monteringstekniska kommittén 1998). Hållfastheten varierar beroende på form och tjocklek, även repor och spänningar i glaset kan vara en bidragande orsak till brott. Repor kan uppstå vid bruk och spänningar kan uppstå vid infästning (Falk et al. 2005).

MTK understryker svårigheterna med att teoretiskt förutsätta glasets hållfasthet och uppmanar till att se värdet mer som ett ”designvärde” än en materialkonstant. Glaset tål ökande temperatur betydligt bättre än sjunkande, en konsekvens av skillnaden på tryck- och draghållfastheten (Burström 2001).

Hållfasthetsvärden för konstruktionsglas sodakalksilikat (Falk et al. 2005).

- Tryckhållfasthet 880-930 MPa
- Draghållfasthet 30-90 MPa

Glaset har en linjär längdutvidgningskoefficient fram till att materialet övergår från sprött till plastiskt vid cirka 500 °C. Ingen väldefinierad smältpunkt finns för glas (Burström 2001).

Sodasilikatglas (Burström 2001).

- Längdutvidgningskoefficient 8.0-8.5*10⁻⁶/K
- Specifik värmekapacitet 840 J/(Kg*K)
- Värmeledningsförmåga 0.81 W/(m*K)

Den kemiska resistansen hos glas är hög med undantag för vissa syror, alkaliska föreningar och fluorföreningar. Då syror kommer i kontakt med en glasyta löses alkali ut i form av natriumjoner, så kallad etsning (Carlsson

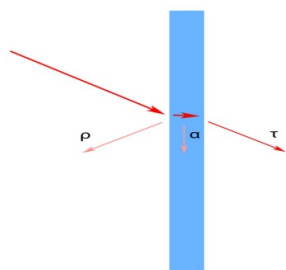
2005). Anlöpning orsakas av att alkaliska lösningar reagerar med ämnen i glas, detta yttrar sig i form av en gråaktig eller färgskiftande beläggning på glasytan. Silikatfärg, vatten från färsk betong, murbruk och rester av cement kan orsaka anlöpningar (Burström 2001).

3.1.1.1 Funktionsglas

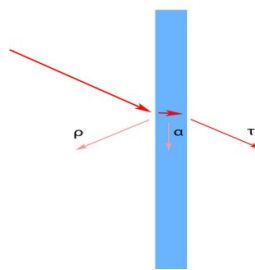
Lågemissonsglas: Används för att minska strålningsförluster. Genom att belägga glasytan med ett tunt metallskikt minskas glasets emissionsförmåga, ljus släpps igenom men värme hindras (Carlsson 2005).

Härdat glas: Används bl.a. där risk för personskador föreligger (Falk et al. 2005). Glaset är värmebehandlat för att få ökad drag- och böjhållfasthet. Vid brott kommer glasets att granulera se figur 3.5 (Carlsson 2005).

Laminerat glas (Lamellglas): Det laminerade glasets består ofta av två eller tre glasskivor med mellanliggande plastskikt. Används främst som skyddsglas men besitter även andra egenskaper som kan påverka glasets ljusgenomsläpp, ljudegenskaper samt styvheten (Falk et al. 2005). Plastskikten förhindrar glasets att falla ur fönstret vid brott, se figur 3.6.



Figur 3.5 Härdat glas



Figur 3.6 Laminerat glas

3.1.2 Distansprofil

Distansprofilen används för att hålla önskad distans mellan glasen, de tillverkas i bredd ex. av 8-20mm (Glasfakta 2007 2006). Profilerna tenderar att utgöra en köldbrygga i isolerrutan eftersom de är utförda i sämre isolerande material. Ifrån att tidigare varit i aluminium och i galvaniserat stål minimeras nu köldbryggan genom att använda så kallad varm kant som t.ex. termoplastiskt material med värmeledning på ca 0,14 W/mK (Glasfakta 2007 2006). Distansprofilen fylls med torkmedel för att absorbera eventuell fukt (Carlsson 2005). Traditionella distanslister av aluminium och galvaniserat stål påverkar glasets isolerande egenskaper ca 60 mm in från kanten med störst köldbrygga i hörnen (Carlsson 2005).

3.1.3 Spalt

Spalten fylls med luft, gas alternativt vakuum. Genom att välja ett trögare medium som ädelgaserna krypton eller argon minskas konvektionen och på så vis förbättras även värmeisoleringen, argon är vanligast av kostnadsskäl. Gas

minskar även risk för kondensbildning. Optimala spaltbredder beror på val av medium, argongas 15-16mm, kryptongas 9-10mm (Carlsson 2005).

3.1.4 Kantförsegling

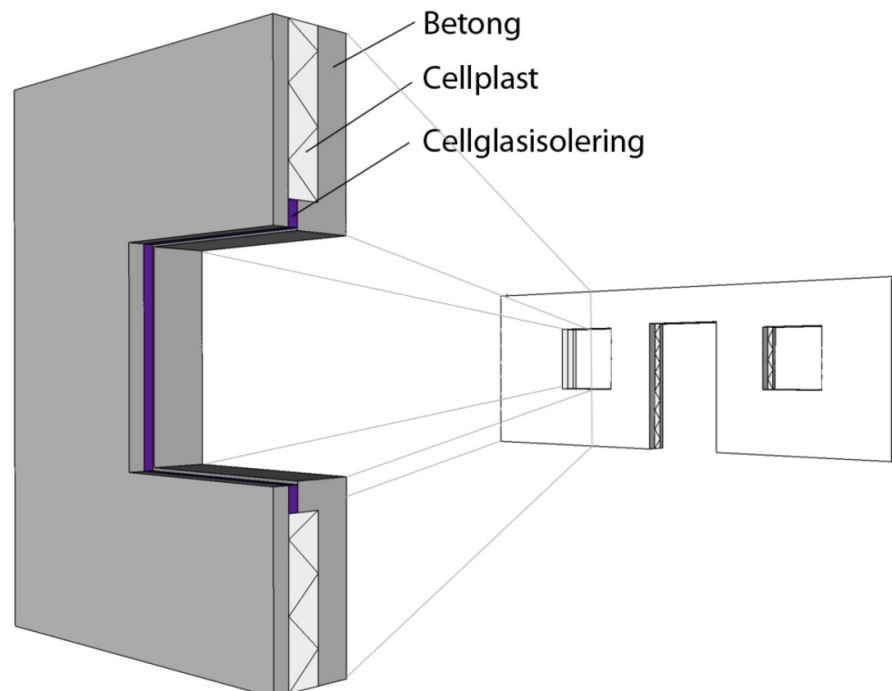
Kantförsegling utförs vanligen av butyllim eller polysulfid, då exponering av UV-ljus förekommer ersätts dessa av silikon (*Glasfakta 2007 2006*). Först fogas distanslisten in mellan glasen därefter fylls ytterligare på längs kanterna för att erhålla en mer beständig täthet.

3.1.5 Toleranser för isolerrutor

Toleranserna måste vara så att montaget tillåter olika värmeexpansion av de olika materialen. Kontakt och därigenom spänningar ska då inte uppstå som orsakar brott i glaset.

3.2 Betongsandwichelement

Ett typiskt sandwichelement är uppbyggt av en bärande betongstomme och ett yttre betongskikt med mellanliggande isolering av mineralull alternativt cellplast se figur 3.4. Förankringen av elementen sker med ingjutna rostfria bärarkare, fasadstegar eller liknande. Elementet prefabriceras och levereras färdiga till plats, de besitter egenskap av god värmekapacitet och täthet, de ingående materialen tål dessutom fukt bra (Redlund 2008).



Figur 3.7

Bildtext: Bilden visar ett betongsandwichelement.

3.2.1 Betong

Det finns många olika typer av betong och dess allmänna kvalitet kan beskrivas med tryckhållfastheten som i sig är beroende av vattencementtalet (vct), mängden blandvatten i förhållande till mängden cement. $V_{ct} = W/C$ (Burström 2001). Betongen har en livslängd på mellan 50-120 år (Redlund 2008).

Betong är ett poröst material bestående av både öppna och slutna porer, största delen fina gelporer och kapillärporer. Huvudbeståndsdelarna är cement, vatten och ballast. De ingående mängderna varierar med hänsyn till önskad slutprodukt, även tillsatsmedel och tillsatsmaterial kan adderas för ytterligare inverkan på betongens egenskaper. Dess värmeisolering påverkas av kvalitet och vct (Burström 2001).

Betongens permeabilitet (vattengenomträngningsförmåga) beror även den på kvaliteten och också vilken relativ fuktighet omgivningen har (Burström 2001). En god kvalitet ger dessutom en lägre kapillär sugförmågan och mer vattentät betong (Nevander & Elmarsson 2006).

Betongen delas in i olika hållfasthetsklasser som betecknas med bokstaven K eller C följt av ett siffervärde som anger tryckhållfastheten i MPa. Ett lägre vct-tal medför en högre tryckhållfasthet (Burström 2001). Hållfastheten påverkas även av många andra faktorer, t.ex. nederbörd och den relativa fuktigheten i omgivningen. Betongen klarar idag normalt belastningar, styrka i tryck, på 30-60 MPa (300-600kr/cm²) (Redlund 2008). Dess draghållfasthet är dock sämre, som åtgärd gjuts armering in i betongen. Betong innehåller som regel 2 % luft, hållfastheten minskas därefter med cirka 5% för varje procent luft som blandas in (Burström 2001).

Elasticitetsmodulen E, är förhållandet mellan en spänningsskillnad och motsvarande töjningsskillnad. Den är starkt beroende av vct och är för normal husbyggnadsbetong 25 000 MPa, detta motsvarar en åttondel för stål och två gånger träs E-modul (Burström 2001).

Från vattenmättad till 50% RF krymper betongen mellan 0,03-0,06 %. Detta är en mycket bra volymbeständighet om man jämför med t.ex. trä som har en betydligt högre volymkrympning.

Betong är ett värmetrögt material, på grund av detta erhålls ett behagligare inneklimat. Under natten på sommaren lagrar den kylan och ger sedan svalka under dagen. Vintertid kan den ta upp och lagra överskottsvärme och avger värmen när det finns behov (Betongens goda egenskaper 09.8.2009.)

- Längdutvidgningskoefficient $(8-10) \cdot 10^{-6}$ K vid normal temperatur
 - Specifik värmekapacitet $880 \text{ J}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$
 - Värmeledningsförmåga $0.81 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- (Burström 2001: 140, 146).

3.2.2 EPS (cellplast)

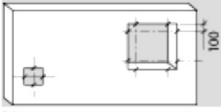
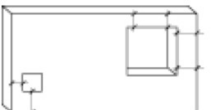
EPS, expanderande polystyren, är ett styvt isoleringsmaterial som framställs av expanderad plast. Det porösa materialet har slutna celler med knappt någon kapillärsugningsförmåga (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006). Den har god beständighet mot kemikalier med undantag för vissa lösningsmedel. Vid brand är den dock olämplig eftersom den brinner och smälter Cellplasts värmeledningsförmåga ligger på $0,036 \text{ W}/(\text{mK})$ (Burström 2001).

3.2.3 Cellglasisolering

Genom jäsning av glasartat material framställs cellglas. Ett obrännbart, stabilt och beständigt isoleringsmaterial med god tryckhållfasthet. De hermetiskt slutna cellerna gör att materialet är diffusionstätt. Materialet har goda egenskaper vid händelse av brand (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006). Cellglasisoleringen har en praktiskt tillämpbar värmeledningsförmåga på $0,06 \text{ W}/(\text{mK})$ (Burström 2001).

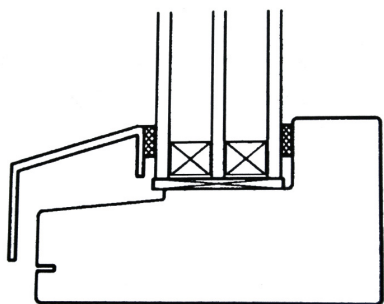
3.2.4 Toleranser

Följande tillverknings toleranser är framtagna av betongvaruindustrin och gäller från 1 maj 2009 för väggar och skärmar beträffande fönsteröppningar:

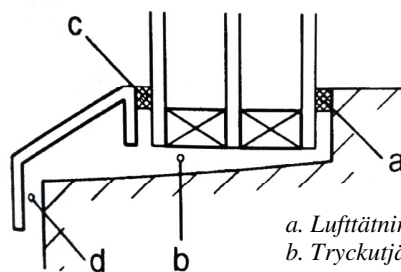
201	Dimesions-mått Längd, Höjd, Bredd	Samtliga element utom trappor		Längd och bredd mäts längs två sidor. Diagonal mäts för fönster resp dörröppning. Svetsplåt mäts på mitten.
202	Läge i längs- och tvärled	Samtliga element utom trappor		Relateras till komponentens sidor. Mäts på två ställen för stora öppningar. Övriga ingjutningsgods med två mått (längs och tvärs).

Mått	Toleranser mm		Måttdefinitioner <i>Se bild</i>
	<i>Klass A</i>	<i>Klass B</i>	
Höjd	± 5	± 8	201
Bredd	± 5	± 8	201
Läge i längs- o tvärled	± 8	± 12	202

3.3 Material för infästning



3-glasisolerruta i fast träkarm
(bild: fukthshandboken)



Principen för tvåstegstätning
(bild: fukthshandboken)

- a. Lufttätning.
- b. Tryckutjämnande kammare.
- c. Regnskydd
- d. Luftspalt.

Infästning av fasta fönster utförs vanligen genom mekanisk förankring av karmprofiler i fasaden. Tätning bör utföras enligt principen för tvåstegstätning (se figur 3.6) i båda anslutningarna mellan karm-vägg och karm-isolerruta. Alternativt kan fönster tätats enligt metoden för enstegstätning där fogarna måste göras helt täta, där regn och vindskydd ligger i samma plan. Tätningen ska ge lufttätethet, viss värmemotstånd samt regntätethet. Om fukt av någon anledning tar sig in i konstruktionen ska den ha möjlighet att avdunsta (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006).

3.3.1 Fog- och infästningsmaterial

HusAMA 98 anger att *Fogmaterialen inte får påverka kantförseglingen i förseglade rutor*. Monteringstekniska kommittén skriver att *endast fogmaterial som provats och godkänts av MTK får användas för att en isolerrutas garanti skall gälla*.

Fogmaterial som fogmassa och foglist har i uppgift att ge en beständig täthet samtidigt som den ska kunna ta upp fogrörelser orsakade av vindlast, temperatur- och fuktvariationer utan att ingående delar påfrestas.

(Monteringstekniska kommittén 2001, *Montering av isolerrutor*)

Dimensionering av fogbredd grundas på fogrörelser samt toleranser hos de ingående elementen. (Monteringstekniska kommittén (2001). *Montering av isolerrutor*).

3.3.1.1 Fogmassor

HusAMA 98 anger att *en fogmassa skall vara anpassad till material i fogsidor och får inte missfärga fogsidor beläggningar, beklädnader o d. En fogmassa skall vara baserad på högklassig silikon- akryl eller polysulfidgummi (Q, ACM eller T)*.

Fogmassa är ett en- eller tvåkomponents material som efter applicering i lös form härdar eller torkar och övergår till ett mer eller mindre elastiskt material.

Indelning av fogmassor brukar ske i plastiska fogmassor samt elastiska. De plastiska omformas vid fogrörelser samtidigt som spänningarna avtar, de elastiska massornas spänningar vid deformation kvarstår. Egenskaper som beskriver fogmassorna är spänning, töjning och elastisk återhämtning. Beroende av dessa sker en klassning i ex. höglastisk, mjukelastisk osv. (Burstrom 2001). Lämpligt fogmaterial väljs och dimensioneras efter det enskilt fallet. Förväntade rörelser, utseende och beständighet är bara några funktionskrav som skall beaktas (Bygga med prefab 19.05.2008)

3.3.1.2 Klossning

Klossarnas uppgift är att överföra isolerrutans tyngd ner till underliggande bäryta och fixera rutan efter montering. Det är viktigt att klossarna är formbeständiga och inte absorberar fukt. Rekommenderade material och hårdheter för klossarna anges i MTK Kap 6 (Monteringstekniska kommittén (2001). *Montering av isolerrutor*)

4 Funktionskrav

I detta avsnitt beskrivs alla funktionskrav ett fönster ska uppfylla med avseende på fasta fönster i småbostadshus med en karmlös infästning:

I BBR 2006 kap. 12 anges att *de material och produkter som används skall ha kända egenskaper i de avseenden som har betydelse för byggnadens förmåga att uppfylla kraven i dessa föreskrifter och allmänna råd.*

Nedanstående funktionskrav är sammanställda och redogörs därefter mer detaljerat. Det förutsätts att de ingående elementens uppbyggnad och montering är korrekt utfört.

- Dimensionering
- Värme och energi
- Inomhusklimat
- Ljus
- Ljud
- Regn
- Rengöring
- Luft
- Brand
- Personsäkerhet
- Hållbarhet
- Kondens
- Utbytbarhet
- Utförande/montering

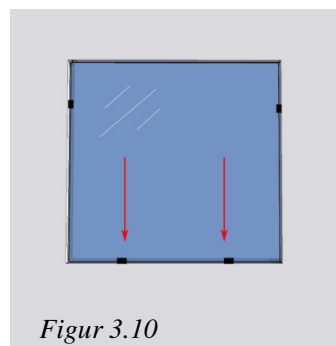
4.1 Dimensionering

MTK i kap. montering av isolerrutor skriver att *fönsterkonstruktioner skall dimensioneras så att de kan bära tyngden av isolerrutor och uppta aktuella vindlaster utan att deformeras.*

Den aktuella konstruktionen ska ta upp flera lastfall, där de större utgörs av vindlast och egenvikt. Dimensionering av fogbredd sker utifrån toleranser för de ingående elementen; isolerrutan och betongsandwichelementet.

4.1.1 Egenvikt

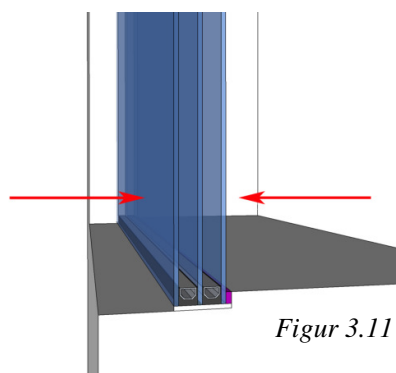
Isolerrutans egenvikt varierar beroende på glasskivornas dimensioner i bredd, längd, och tjocklek. Lasten leds ner till underliggande yta via klossar som placeras under glaset, enligt MTKs anvisningar. Materialet i klossar och underliggande yta ska ha egenskap av god tryckhållfasthet och formbeständighet.



Figur 3.10

4.1.2 Vindlast

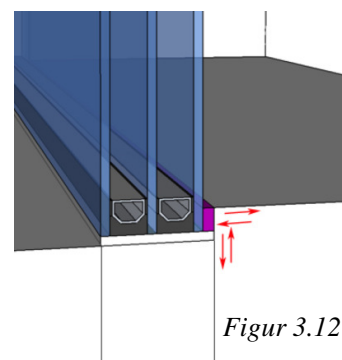
Vindriktning är i regel horisontell och vindlasten antas i allmänhet verka vinkelrätt mot ytan som tryck eller sug se figur 3.8. Utifrån den dimensionerade vindlasten, som bland annat beror på glasets storlek och dess belägenhet i fasaden, erhålls den last som ska tas upp av den vertikala fogmassan mellan isolerrutan och den inre bärande betongstommen (Höglund & Åhlgren 1973).



Figur 3.11

4.1.3 Temperaturbetingade rörelser

Fönsterglas har en längdutvidgningskoefficient på $8.5 \cdot 10^{-6}/K$ och betongen i ett prefabricerat element har en längdutvidgningskoefficient på $11 \cdot 10^{-6}/K$. Rörelserna i fönsterglas kommer alltså ungefär motsvara hur betongen rör sig i det prefabricerade elementet om de utsätts för samma temperaturändring (Burström 2001).



Figur 3.12

5 Funktionskrav -värme och energi

I BBR 2008 kap. 9.1 anges att *Byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning. Bostäder ska vara utformade så att byggnadens specifika energianvändning, installerad eleffekt för uppvärmning och genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) högst uppgår till de värden som anges i tabell 9:2a och 9:2b.*

Klimatzon I: Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län.

Klimatzon II: Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

Klimatzon III: Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län.

Tabell 9:2a Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50

(BFS 2008:20).

Tabell 9:2b Bostäder med elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,035(A _{temp} - 130)	0,030(A _{temp} - 130)	0,025(A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

(BFS 2008:20).

(BBR 2008: kap 9.1).

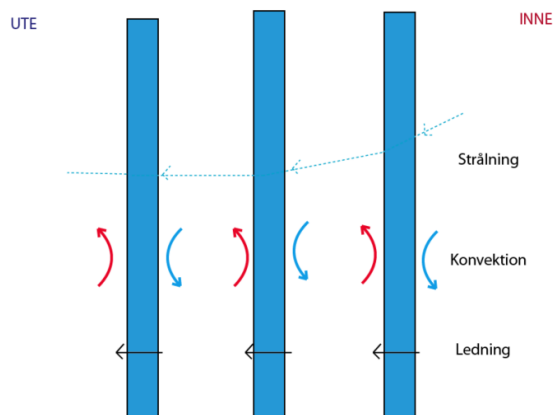
För att uppfylla BBR:s krav gällande energi skall tre delkrav följas: Värmeisolering, lufttäthet och värmeanvändning. Avvikelser är tillåtna men då skall *referenshusmetoden* istället tillämpas till ett eller fler av delkraven. Denna metod innebär att energibalansen beräknas och jämförs med årsbehovet av energi med referensbyggnadens. (Anderlind, G. & Stadler, C-G. 2004).

För en optimal energieffektivisering ska en bostad ses i ett helhetsperspektiv (Anderlind, G & Stadler, C-G. 2004). De största värmeförlusterna i ett bostadshus sker idag genom fönsterytorna, där runt en tredjedel försvinner genom dåligt isolerande fönster (Fönster som spar energi och pengar 21.7.2009.). Vid montering av större fönsterytor än ”normalt” måste det som kompensation tillsättas mer värmeisolering på de övriga ytorna (Anderlind, G & Stadler, C-G. 2004).

Ett energisnålt fönster medför många fördelar; ekonomiskt vinst, miljöinsats, minskat uppvärmningsbehov vintertid och kylbehov sommartid (Fönster som spar energi och pengar (21.7.2009.)).

5.1.1 Värmeförluster

Värmeförluster genom ett fönster sker genom värmeledning, konvektion och långvågig strålning, även ofrivilligt luftläckage kan ske vid infästningen (Falk et al. 2005).



Figur 3.13

- *Konvektion* ger värmeförluster till följd av naturliga luftrörelser orsakade av temperaturdifferenser. Då luften kyls ner ökar dess densitet och det bildas en nedåtgående luftström. Detta sker både i anslutning till fönstrets in och utsida samt inuti spalterna se figur 3.10. Genom att välja ett trögare medium som ex. argon inuti spalterna kan värmeförluster till följd av konvektion reduceras (Falk et al. 2005).

- *Värmeledning*, värme leds olika bra beroende på materialets värmeledningsförmåga, termisk konduktivitet. Förlusterna sker genom samtliga av de ingående materialen i isolerrutan: glaset se figur 3.1, distanslisten, kantförseglingen och även igenom infästningsmaterialen.

Förlusterna kan minskas genom att välja distanslist i mindre ledande material, en s.k. varm kant (Glasfakta 2007 2006).

- *Strålningsförluster* inträffar då den långa långvågig strålning även kallad värmestrålning lämnar rummet genom isolerrutan. Storleken på förlusten är kopplad till glasets emissionsfaktor, som beskriver förmågan att utstråla och ta emot lågtemperaturstrålning. För att minska värmeförluster till följd av strålning kan *lågemissionsglas* väljas (Falk et al. 2005).

- *Värmetillskott* genom fönster är starkt årstidberoende (Höglund & Åhlgren 1973). Instrålning kan orsaka för högt värmetillskott, vilket regleras genom avskärmning med persienner, markiser eller motsvarande. Utvändigt avskärmning är dock att föredra (Dagsljus 29.5.2009.)

5.1.2 U-värde

U-värdet representerar fönstrets värmeisolerande förmåga. Värdet anger hur mycket värme som passerar genom 1 m² fönster från den varma sidan till den kalla när temperaturdifferensen mellan inne och ute är en grad (W/ m²K). (Glasfakta 2007 2006). Lågt U-värde resulterar i mindre värmeläckage och högre yttemperatur inomhus vilket i sin tur minskar risken för kallras och eventuellt strålningsdrag, som förklaras utförligare i kap 4:3. U-märkningen sker endast för isolerrutan eller utifrån hela fönsterkonstruktionen där både karm och båge ingår.

5.1.3 Energimärkning

Energimärkning utfärdas av energimyndigheten för att skapa villkor för en effektiv och hållbar energianvändning. Märkningen baseras på oberoende testutförare och innerfattar fönstrets samtliga delar glas, karm och båge. Ett EQ - märkt fönster garanterar att spara energi och besitta god kvalitet, beroende på hur god energieffektivitet det har delas fönstret därefter in i olika energiklasser från A till G. Ett fönster med A-klass är det mest optimala med ett U-värde på högst 0,9 W/ m²K, i beräkningarna är samtliga energiförluster medräknade. (Fönster som spar energi och pengar 21.7.2009).

5.2 Inomhusklimat

Utdrag ur BBR:

I BBR 2008 kap 6 anges att Byggnader ska utformas så att tillfredsställande termiskt klimat kan erhållas ... Kraven på termiskt klimat gäller i hela byggnaden. Kravet på termisk komfort gäller rum eller avskiljbara delar av rum där människor vistas mer än tillfälligt

För fönster ställs det krav på termisk komfort vilket innefattar lämplig temperatur i byggnaden, lufthastighet och yttemperatur.

För att förhindra obehagligt drag inomhus bör lufthastigheten inte vara för hög, vilket ställer krav på täthet. Yttemperaturen på fönstrets insida får inte vara för låg med risk för kallras som uppstår då luft intill ytan kyls ner och då bildar en nedåtriktad luftström som kan orsaka obehag. Ytterligare en konsekvens av kall yta är strålningsdrag ”falskt drag” som inträffar när värmen strålar från kroppen då man befinner sig närheten av ytan. Dessa faktorer tillsammans bidrar till upplevelsen av det termiska klimatet, även andra faktorer som aktivitet och hur man är klädd medverkar (Installationsteknik AK för V 2003).

För att garantera täthet måste appliceringen av tätningsmassorna vara utförda med en ytterst noggrannhet, monteringsstillfället blir därför det kritiska momentet och avgörande om kraven kommer att uppnås. Så länge fönstrets dimensioner inte är allt för stora bör en treglas isolerglasruta med minst ett lågemissionsglas ge erforderligt värmemotstånd för att hindra uppkomsten av för kalla yttemperaturer, vilket i sin tur leder till kallras.

5.3 Ljusisolering

I BBR 2008 kap 6 anges att byggnader ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår. Ljusförhållandena är tillfredsställande när tillräcklig ljusstyrka och rätt ljushet (luminans) uppnås och när ingen störande bländning och inga störande reflexer förekommer. I bostäder ska något rum eller någon avskiljbar del av rum där människor vistas mer än tillfälligt ha tillgång till direkt solljus.

Direkt solljus: Solljus som lyser in i rum utan att ha reflekterats. *Direkt dagsljus:* Ljus genom fönster direkt mot det fria. Dagsljusinsläppet utan risk för bländning är viktigt för ett behagligt inomhusklimat. Ljusinsläppet varierar med fönstrets placering, dimensioner och vilken tid på året och dygnet det är (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973).

Om möjlighet ges bör fönster i t.ex. ett vardagsrum placeras för kvällssol eftersom morgonsol kan vara extra störande. Utifrån placering och orientering väljs sedan *luminans*, mängden ljus som en yta utsänder per ytenhet (cd/m^2) på fönstret, bör dock vara max 1000cd/m^2 (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973). Ingen begränsning på fönsterareor finns men fönsterytan bör motsvara 10-12 % av rummets yta. Max ca 5 % av solljuset bör lysa in i rummet för trivsel och gemytligt dagsljusinsläpp (Carlsson 2005). *Dagsljustransmittansen*, en glaskonstruktions dagsljusinsläpp i %, ska helst vara över 60%. Vid behov av ljusinsläpp och uppvärmning i ett rum står ett fönster med hög ljustransmission till god tjänst, bländning kan däremot bli ett problem (Carlsson 2005), men går att reglera med hjälp av avskärmning i form av

markiser, persienner eller dylikt (Maurin 1984). Genom att placera fönstren djupt in i fasaden får man också en viss avskärmning (Dagsljus 29.5.2009.)

5.4 Ljudisolering

Utdrag ur BBR 2008 kap 7 skriver följande: *Bostäder inklusive deras ytterväggar, bjälklag, tak, dörrar, fönster och luftintag, ska utformas så att buller utomhus och in angränsande utrymmen dämpas och inte i besvärande grad påverkar dem som vistas i bostaden. Om bullrande verksamhet gränsar till bostäder, ska särskilt ljudisolering åtgärder vidtas.*

Buller är ett samlingsnamn på allt ljud som inte är önskvärt (Maurin 1984). För god ljudisolering krävs att infästningen och tätningen av fönstret är noga utförd eftersom springor släpper in mycket ljud. Glasen i fönstret bör ha olika tjocklek och fönster med tre eller fler glas skall utföras så att den största spaltbredden maximeras, minst 30 mm. (*Monteringstekniska kommittén 2008. Glas och ljud*). Placeras fönstret djupt in i väggen försämras glasrutans ljudreducerande förmåga, fönster i liv är med fasaden är därför att föredra (*GLASFAKTA 2007 2006*).

5.5 Kondenssäkerhet

Utdrag ur BBR anger att *byggnader ska utformas så att skador, mikrobiell tillväxt, elak lukt eller andra hygieniska olägenheter till följd av byggfukt eller inträngande fukt inte uppkommer.*

Kondens uppstår då varmare luft möter en kallare yta med en temperatur lägre än luftens daggpunkt. Bra isolering och tätning medför överlag mindre kondenspåverkan (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973).

Invändig Kondens, uppstår ofta till följd av hög luftfuktighet inomhus som kondenserar på en kallare yta, vanligen sker kondensationen på rutans nedre del där temperaturen ofta är som lägst, köldbryggeffekt av kantförsegling (Nevander, L & Elmarsson, B. 2006). Problemet med invändig kondens är idag mindre förekommande och kan förebyggas genom att välja isolerrutor med högre värmemotstånd. Alternativt kan det åtgärdas genom att placera ut radiatorer under fönster vars uppåtgående luftströmmar höjer ytans temperatur. Risken för invändig kondens ökar ju längre ut i fasaden fönstret är placerat (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973).

Kondens mellan glasen, inuti isolerrutan i själva spalten, tyder det på en icke tät kantförsegling, då är enda åtgärden att byta ut fönsterrutan. Torkmedel placeras i distanslisten för att suga upp mindre mängder vattenånga som diffunderar in med tiden (*GLASFAKTA 2007 2006*).

Utvändig kondens kan ske till följd av ett övertryck inomhus tillsammans med dålig tätning kring fönstret. Utvändig kondens kan även bildas trots god montering och tillverkning vid nattutstrålning under höstens, vårens och sommarens klara nätter (GLASFAKTA 2007 2006), speciellt för fönster med låga U-värden.

5.6 Regnsäkerhet

Utdrag ur BBR 2008 kap 6.51 skriver att *byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa*. I Boverket 2009 anges att *Samhällets funktionskrav på byggnader (BBR) förbjuder inte några produkter eller tekniska lösningar som finns på marknaden. Det är den fuktsäkerhetsprojektering som byggherren ska ombesörja som ska leda fram till lämpliga val av material och byggnadsteknik. En byggnadsdel ska kunna torka ut tillräckligt snabbt och i tillräcklig omfattning så att inträngande fukt inte orsakar fuktskada. Man bör därför undvika att bygga in material mellan täta skikt om materialet på något negativt sätt kan påverkas av fukt*.

Fönster i sig anses vara regntäta, problemen uppstår i springor i fogarna där fritt vatten kan transporteras in genom bl.a. kapillärsugning, rörelseenergi, luftströmning och tryckfall (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973). Tätning kring ett fönster kan utföras enligt både enstegs- och tvåstegstätning, dock är det sistnämnda att föredra. När regn träffar en glasyta och rinner ner utsätts främst de nedre delarna av fönstret. Genom att placera fönstret längre in i fasadlivet blir påfrestningar från nederbörden mindre. Avledning av regn underlättas genom att installera fönsterbläck och använda en lutning på minst 1:8 i fönstrets nedre del för att förebygga skador från regn. Inträngande vatten leder till att material i konstruktionen blir nedfuktade vilket i sin tur kan leda till försämrade egenskaper samt missfärgningar kring fönstret, därför ställs stora krav på dränering (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006).

5.7 Lufttätet

Utdrag ur BBR:

”Viktigt att klimatskärmen är lufttät för att undvika skador på grund av fuktkonvektion, olägenheter för den termiska komforten inomhus samt med avseende på värmeförluster.” (BBR 2008: kap 6.531)

Bristande täthet kring fönster kan orsaka luftdrag med en negativ inverkan på inomhusklimatet och bidrar till energiförluster (Maurin 1984). Tryckdifferens mellan ute och inne strävar hela tiden efter att utjämnas, därför uppstår luftströmmar i tryckfallets riktning genom otätheter. Luftströmmens styrka beror på tryckdifferens storlek och byggnadens totala täthet. Skadlig fuktkonvektion inträffar då luft inifrån med högre fukthalt transporteras ut

med luftströmmar genom otätheter. Då luften möter kallare skikt längre ut i klimatskalet kan fukten kondensera vilket kan leda till fuktskador (Höglund, I. & Åhlgren, B. 1973).

5.8 Skyddsglas; brand

Utdrag ur BBR 2008 kap. 5 anger att *Ytterväggar ska utformas så att risken för spridning av brand via fönster begränsas och delar av väggen inte faller ned vid brand. Dock bortses från nedfall av t.ex. glassplitter, mindre putsbitar och liknande om detta inte bedöms förhindra eller väsentligen försvåra brandsläckning och om utrymning ändå kan ske utan risk för personskador.*

Brandskyddat glas krävs inte i följande fall:

- Två fönster som vetter mot varandra och befinner sig på ett avstånd av minst 5 meter från varandra.
- Fönster i innerhörn med ett avstånd på 2 meter eller mer.
- Garage på tomt som befinner sig utom ett visst avstånd från huset, gäller dock inte i alla fall (Monteringstekniska kommittén (2001). *Brand*).

MTK Brand gäller endast för brandskyddsglas avsedda för montage i vertikala konstruktioner, brandskyddsglasen uppgift är att förhindra brandspridning inom och mellan byggnader (Monteringstekniska kommittén (2001). *Brand*).

En lämplig fönsterklassning i bostadshus är klass EI, som står för integritet (täthet) och isolering. En tidsfaktor läggs därefter till t.ex. EI15 som innebär att fönstret både klarar brandmotstånd och skyddar mot värmestrålning i minst 15 minuter (Carlsson 2005).

För klassning av EI krävs bättre värmeisolering. Isolerrutan skall vara asymmetrisk uppbyggd och vara testad för brand från båda håll, först när de olika komponenterna i en isolerruta undersökts kan den berättigas. (Monteringstekniska kommittén (2001). *Brand*).

Exempel på EI-klassade glas är flerskitsglas med ett tunt svällande silikatskikt. Då en av rutorna i en isolerruta är innesluten i gel, en kolloidal lösning av natriumsilikat, skyddar konstruktionen vid brand (Monteringstekniska kommittén (2001). *Brand*).

MTK 2001 brand anger att *de allra flesta isolerrutor med brandskyddsglas förseglas på helt och hållet samma sätt som vanliga isolerrutor. Brandskyddsglas i isolerrutor ska sitta som ytterglas i isolerrutan och vara vända från branden. Vid okänd brandsida måste båda glasen vara brandskyddsglas.*

5.9 Skyddsglas inbrott

MTK 2007 anger att *glas som skyddar mot inbrott, vandalism, beskjutning, brand, buller, UV-strålning etc. skall benämnas skyddsglas.*

BBR säger ingenting om skyddsglas, dimensionering sker utifrån gällande standarder och branschregler. Med avseende på inbrott i bostäder och krav på glas i fönster och dörrar så finns inga allmänna regler eller anvisningar från myndigheter eller försäkringsbolag. Det är den gemene användaren/kravställaren som anger kravet av skydds nivå, det finns olika direktiv att tillgå från glasbranschen.

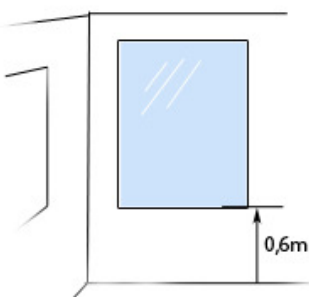
Vanligt glas ger inte något skydd i inbrottssammanhang.

För standarden SS-ENV 1627 gäller för både dörrar och fönster som klassas i sex motståndsklasser, där varje klass representerar ett visst motstånd mot mekanisk påfrestning, statisk och dynamisk belastning samt mot manuellt angrepp. Uppbyggnaden alltså den klass som väljs beror på vilket skydd som eftersöks och krav som ska ställas (Monteringstekniska kommittén 2007).

5.10 Säkerhetsglas; personsäkerhet

Utdrag ur BBR 2008 kap. 8 anger att *glasytor som är oskyddade och så placerade att personer kan komma i kontakt med dem, ska utformas så att risken för personskador begränsas. Glasytor och infästningar ska tåla dynamisk påverkan av en människa. Säkerhetsglas ska användas då glasytor i enskilda bostadslägenheter om avståndet från glasytans underkant till golvet eller marken är mindre än 0,6 meter och 2 meter över mark på utsidan.*

”Endast glas som förhindrar eller minimerar risken för personskador skall benämnas säkerhetsglas” (Monteringstekniska kommittén (1998). *Säkerhet*).



Figur 4.1

bildtext

För att minimera eller eliminera eventuella risker för personskador bör glas som placeras enligt bild vara säkerhetsglas, annars räcker härdat glas på insidan.

Förebyggande åtgärder för att minska risken för att en olycka ska inträffa kan ske genom en medveten placeringen av fönster redan vid projekteringen. Även eventuella behov av utmärkning, utplacering av hinder bör iakttas. Då stor risk för olycka föreligger kan konsekvenserna av olycka reduceras genom att använda säkerhetsglas. Då vanligt glas går sönder i vassa skärvor i varierande storlek uppstår risk för skärskador. Därför skall säkerhetsglas väljas där risker för brott föreligger. Vanligaste typerna av säkerhetsglas är Termiskt härdat glas samt Lamellglas. Härdat glas granulerar i små bitar vid brott. Då lamellglaset går sönder hålls glasskärvorna kvar i PVB-folien som glaset limmats mot. Alternativt om glaset limmats hållas glasbitarna kvar av limfilmen, i de båda fallen reduceras risken för skador.

5.11 Hållbarhet

MTK 2008 kap glas, regler och föreskrifter anger att *krav få ekonomisk rimlig livslängd från BVL (Byggnadsverkslagen)*.

Livslängden för en isolerruta vid rätt tillverkning samt montering bör enligt glasbranschen vara över 50 år (Carlsson 2005).

Isolerrutstillverkaren lämnar även en garanti mot kondensbildning mellan glasen. Garantin förutsätter att MTKs anvisningar följts samt rätt hantering och transport genomförts.

5.12 Utbytbarhet

Brott i glas kan inträffa till följd av termiska spänningar och en för stor mekanisk påfrestning (Carlsson, 2005). Även glasets förmåga att fylla sin funktion kan försämrats till följd av t.ex. repad yta eller kondens mellan glasen. Risken att en isolerruta går sönder eller får nedsatt funktion är liten men befintlig, därför bör utbytbarheten beaktas.

5.13 Rengöring

För att ett fönster ska kunna fylla sina funktioner krävs regelbunden rengöring. Vid fasta fönster ska detta vara möjligt från båda sidor, inifrån och utifrån. Infästningsmaterialen skall kunna utsättas för fönsterrengöringsprodukter utan inverkan på sin funktion. Risken att repa fönstret vid rengöring bör beaktas och sker oftast lämpligen med vatten och neutralt tvättmedel. Användning av tvättmedel innehållande sliptillsatser eller skrubbing med svampar innehållandes hårda fibrer skall undvikas med risk för repning. På marknaden finns idag även självrengörande glas (Carlsson 2005).

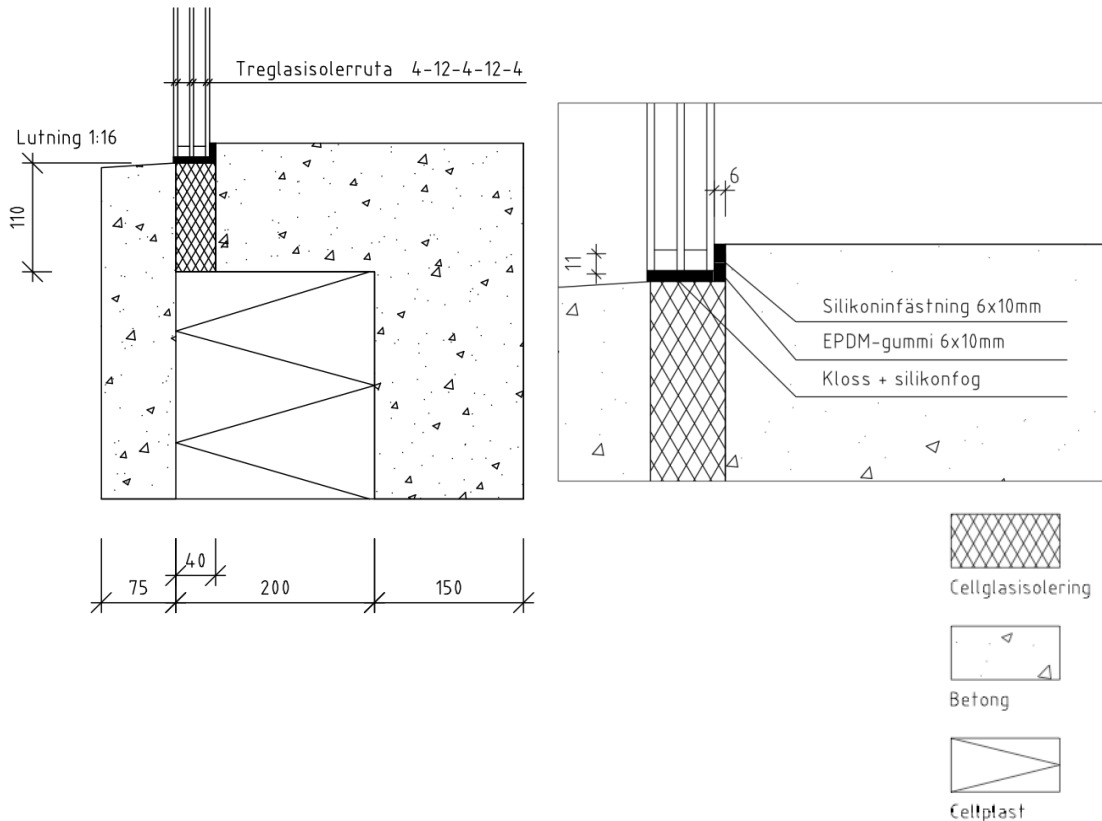
6 Förslag till konstruktion

Att foga in fönster direkt i betongstommen är en mindre beprövad infästningsmetod. Koncentrerat till små dimensioner kan silikonmassa erbjuda täthet, förankring och viss isolering som traditionellt motsvarar karmens uppgifter. Samtliga funktionskrav för fönster som angavs i kap. 4 måste uppfyllas för att metoden ska vara praktiskt tillämpbar. Följande avsnitt presenteras två alternativa förslag till konstruktion.



Figur 5.1

6.1 Alternativ 1



Konstruktionsritning som visas i figur 5.2 är alternativa förslaget till infästning. Väggen är uppbyggd som ett standard sandwichelement av betong med en yttrevägg, 75 mm bred med en lutning på 1:16 vid fönsterkanten. Den mellanliggande isoleringen är i cellplast med en tjocklek på 200 mm och innerväggen är 150 mm. I betongelementet runt fönsteranslutningen är en 40 mm cellglasisolering placerad av dimensioneringsskäl samt för brandsäkerhet.

Treglas isolerrutan är placerad på klossar som i sin tur är placerade på cellglasisoleringen som tar upp isolerrutans egenvikt. Vald isolerruta är Pilkington Optitherm SN med standardmått 4 mm tjocka glasrutor och 12 mm luftspalter. SN är en färgneutral mjuk beläggning som appliceras på floatglaset i separat tillverkningsprocess. Glaset släpper igenom korvågig solenergi och reflekterar långvågig rumsvärme. U-värdet på isolerrutan är 0,7

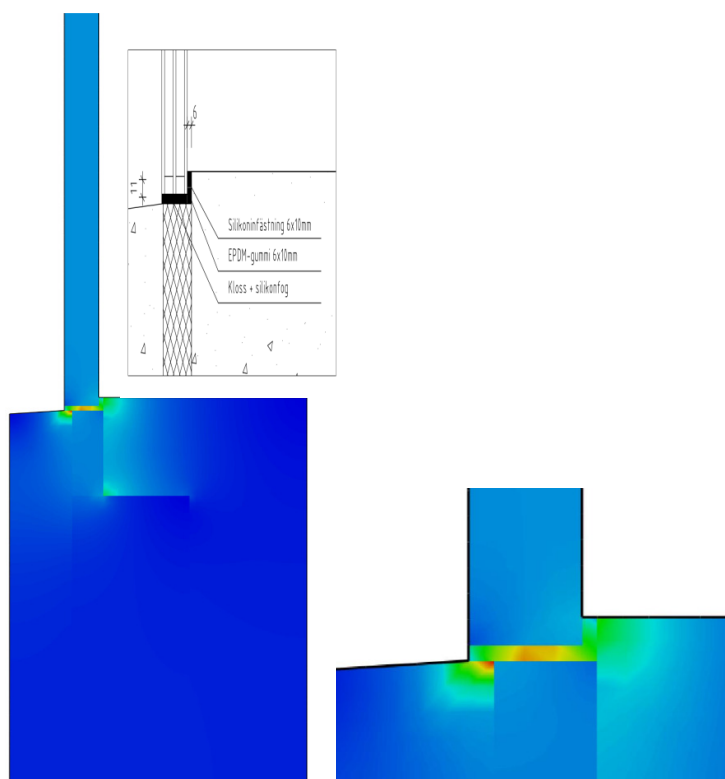
En självhäftande EPDM-gummilist 6x10mm placeras mellan ruta och betong för att erhålla täthet och jämnt avstånd.

6.1.1 Uppfyllande av funktionskrav

värme och energi: För att minimera värmeförlusterna och erhålla en bra värmebalans i bostaden väljs ett energisparglas som reducerar långvågig strålning, konvektion och i viss mån värmeledning. I den valda isolerrutan är spalterna fyllda med argongas som är ett trögare medium, vilket resulterar i mindre värmeförluster som orsakas av konvektion. De yttre glasen är emissionsglas, som har en beläggning som minskar de långvågiga strålningsförlusterna (rumsvärmen). Distanslisten är utförd i galvaniserat stål för att begränsa värmeledningen.

Det förutsätts att konstruktionen är lufttät och värmeisolerande vilket i annat fall skulle vara mycket negativt ur energisynpunkt. Fönsterkonstruktionen skall vara energimärkt vilket ska garantera energieffektivisering.

Figur 5.3 visar hur värmeflödet sker genom konstruktionen. Det mest intensiva flödet sker genom anslutningen mellan isolerrutan och sandwichelementet som är fyllt med silikonfogmassa. Psi-värdet på köldbryggan har räknats fram till $0,1827(\text{W/mK})$, effekten av kölbryggan blir inte så stor då den utgör ganska liten area av hela fasaden. Se bifogade uträkningar utförda i programmet UNORM .



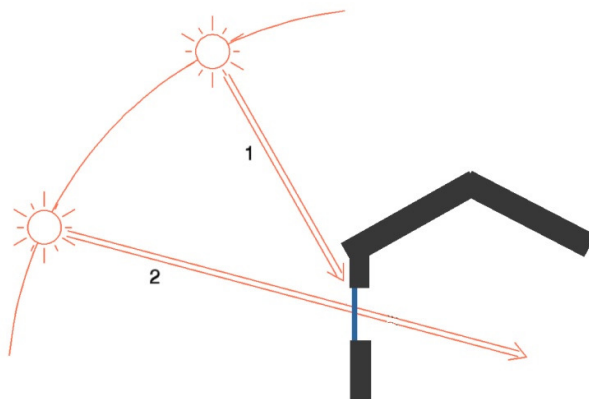
Figur 5.3 visar värmeflödet

Inomhusklimat: För att erhålla en lämplig inomhustemperatur bidrar samtliga delar av klimatskalet. U-värdena på betongfasaden med fönster pekar på goda möjligheter att uppfylla kravet om lämplig temperatur. Fönsterinfästningen ska teoretisk sett vara helt tät vilket betyder att ingen obehaglig lufthastighet bör uppstå.

Med ett U-värde på 0,7 föreligger ingen direkt risk att ytemperaturen på isolerrutans insida blir så låg att de skulle leda till obehag i form av strålningsdrag eller kallras. Risken bör tas i beaktning vid stora fönsterdimensioner speciellt i höjdled då risken för kallras ökar samt vid väldigt låga utomhustemperaturer.

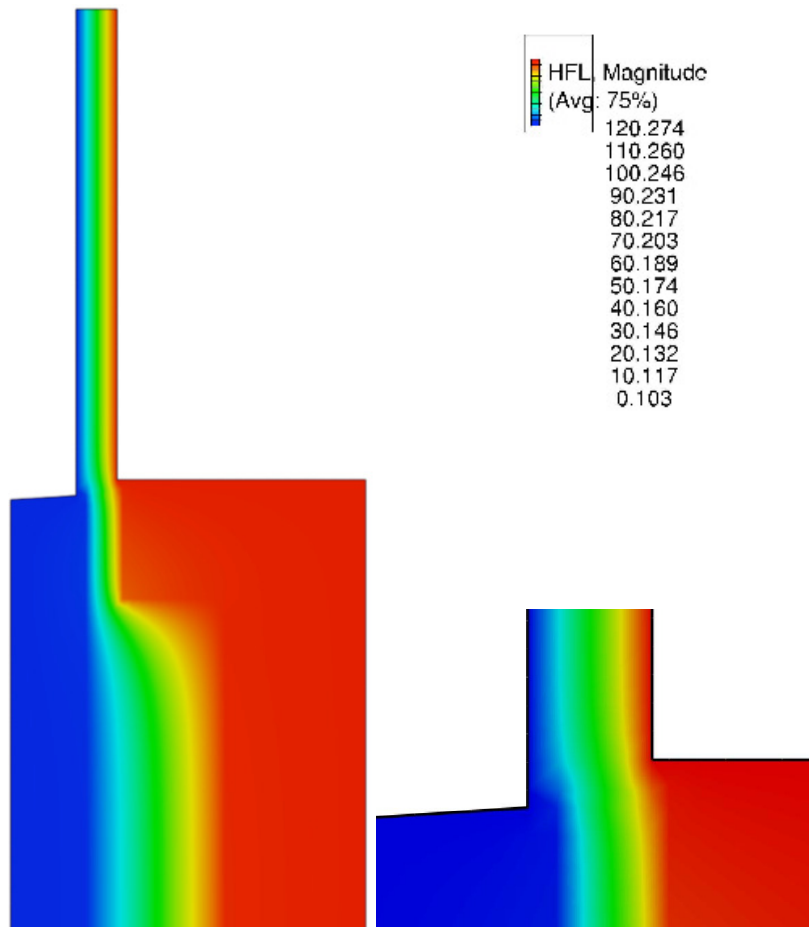
Ljusisolering: Fönstret är placerat längre in i fasaden detta medför bättre ljusförhållanden inomhus till skillnad från om det varit i liv med fasaden. Solen står högre upp på sommaren än på vintern, vilket medför att mindre sol kan lysa in på sommaren och mer sol tillförs på vintern, precis som man vill ha det för att minska uppvärmning av huset och få mer när det behövs, se fig. 5.2.

Ljudisolering: Fönstrets förmåga att reducera ljud minskar ju längre in i fasaden det placeras. Isolerrutans symmetriska uppbyggnad försämrar även fönstrets förmåga att isolera ljud (GLASFAKTA 2007 2006), detta är dock inte avgörande för att göra ändringar i den framtagna konstruktionen. Springor i fönster släpper in mycket oljud, detta skall dock inte anses vara en risk för den framtagna konstruktionen då det förutsätts att fönstret är väl tätat. Betongelementet besitter mycket goda ljudisolerande egenskaper (Bygga med prefab 19.05.2008.).

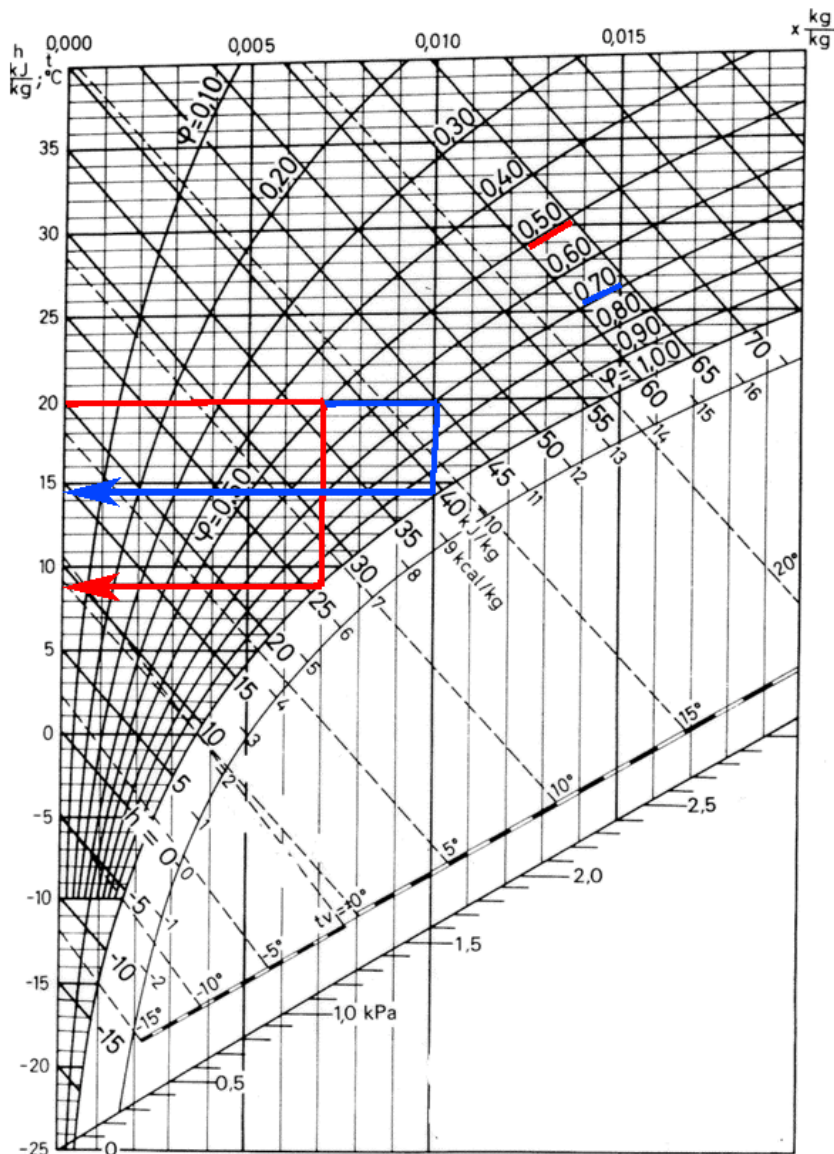


Figur 5.4
1. Sommartid
2. Vintertid

Kondenssäkerhet: Vid infästningen sker en relativt stor temperaturövergång, se figur 5.5, därmed finns en risk för invändig kondensbildning då det är kallt utomhus. Köldbryggan kan speciellt ge upphov till kondens på insidan när fönstersmygarna är djupa.



Figur 5.5 visar temperaturfördelning



Molliersdiagram

Den normala relativa fukthalten inomhus vintertid brukar sättas någonstans mellan 50-70% om inga noggrannare uppgifter finns med, man brukar även räkna med en inomhustemperatur på 20° grader (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006). Med dessa värden kan man ur molliersdiagram utläsa vid vilken yttemperatur invändig kondens riskerar att uppkomma (Maurin 1984). I de fallen som visas skulle kondens uppstå vid en yttemperatur på 14° vid 70% RF och 9° vid 50% RF. Vilken temperatur som uppstår på insidan beror på konvektion vilket är svårt att uppskatta.

Regnsäkerhet: Isolerrutan placeras 75 mm in från fasadlivet vilket minskar regnpåverkan på fönstret. Vid fönstrets nedre del har den yttre betongen en lutning på 1:16 för att underlätta vattenavrinning och ska dessutom vara behandlat med vattenavvisande impregnering av silan-siloxanblandning. Idag

rekommenderas att använda tvåstegstätning för att minska uppkomst av fuktskador (Nevander & Elmarsson 2006). Problem av regnsäkerheten kan uppstå i springor i fogarna vid ett icke noggrant utfört arbete och bör därför beaktas (Höglund & Ahlgren 1973).

Konstruktion är utförd enligt principen för enstegstätning, alltså utrymmet mellan fönstret och väggen är helt tätad. Här ställs avgörande krav på att tätningen är korrekt utförd. Om vatten mot förmodan skulle ta sig in i konstruktionen blir den kvar eftersom det inte finns några möjligheter att dränera. Detta kan i sin tur leda till att kantförseglingen konstant blir utsatt för fukt vilket leder till försämrade egenskaper i de ingående materialen i konstruktionen.

”Man avråder numera att använda fogmassa utvändigt. Anledningen är framförallt att trots noggrant utförande är svårt att få en sådan enstegstätning helt tät mot slagregn, Om vatten kommer in får det svårt att avdunsta” (Nevander, L. & Elmarsson, B. 2006).

Lufttätethet: Fönsterinfästningen ska teoretiskt sett vara helt lufttät, här blir dock arbetsutförande väldigt avgörande.

Brandsäkerhet: Brandskyddat glas ska endast användas i de fall då BBR kräver det. Betongens goda värmekapacitet medför att väggen är väl isolerande vid brand. En konstruktion kan i princip alltid dimensioneras för erforderligt brandmotstånd och helt eller delvis t.o.m. återanvändas efter brand (Bygga med prefab 19.05.2008.). Cellglaset är obrännbart vilket också är en fördel för konstruktionens brandsäkerhet (Nevander & Elmarsson 2006). Cellplasten är dock mindre bra vid brand eftersom den smälter, detta är dock inte avgörande för att konstruktionen inte skall gå att använda i praktiken (Burstrom 2001).

Inbrottsäkerhet: Det finns inga krav på inbrottsskyddat glas, den gemene användaren/kravställaren ska själv ange detta, direktiv finns dock att tillgå från glasbranschen och bör studeras i varje enskilt fall.

Personsäkerhet: Fokus är mer lagt på värme och energi än personsäkerhet. Det är mindre vanligt att installera säkerhetsglas i småhus, men vid udda eller låga placeringar måste kravet om personsäkerhet uppfyllas, då ersätts det inre glaset med ett härdat glas. Funktionskravet ingår till stor del i projekteringsfasen och bedöms utifrån det enskilda fallet.

Hållbarhet: Isolerrutans livslängd förväntas vara över 50 år. De ingående elementen har relativt långa livslängder, dock finns alltid risken för skador i

anslutningarna mellan elementen. Mindre skador i form av sprickor i betong eller fog kan leda till fuktinträning vilken sedan kan tendera i att ackumulera detta gör då att konstruktionen måste renoveras eller förnyas.

Utbyttbarhet: Isolerrutan går att byta ut utan några större ingrepp.

Rengöring: Funktionskravets uppfyllande beror till stor del på de framtida brukarna, att de följer anvisningar och rekommendationer. I projekteringsfasen är det också viktigt att se till att fönstret kan rengöras.

Hållfasthetsdimensionering: Treglasisolerrutans tyngd överförs via två klossar ner till underliggande cellglasisoleringen som har egenskap av god tryckhållfasthet

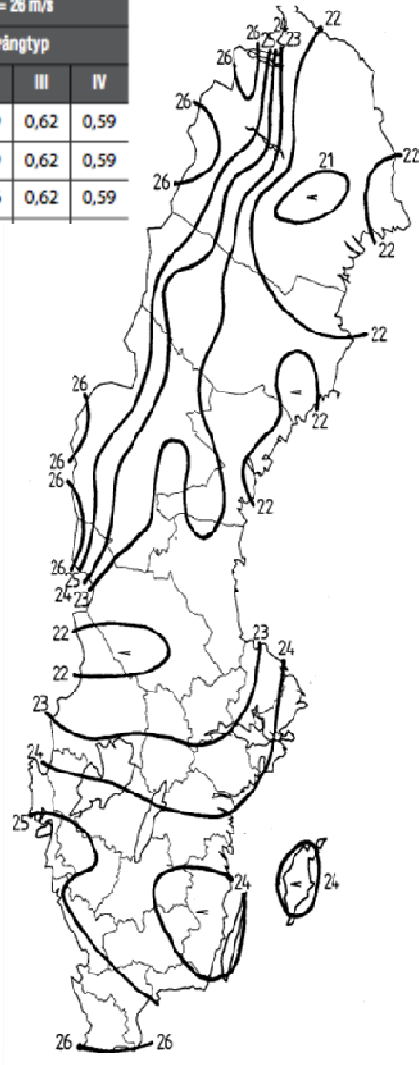
Beräkningar egenlast: Isolerrutans vikt per kvadratmeter gånger rutans area ger egenlasten. Denna last leds ner till underliggande cellglasisolering via två klossar. Alltså måste tryckhållfastheten på cellglaset vara högre än den väntade lasten från klossarna, vilket den är.

EGENLAST					
Isolerruta 4-12-4-12-4					
Längd (m)	*	Bredd (m)	=	Area (m ²)	
1,5	*	1,5	=	2,25	
Area (m ²)	*	Vikt (kg/m ²)	=	Egenvikt (kg)	
2,25	*	30	=	67,5	
Kloss Antal:2					
Längd (m)	*	Bredd (m)	=	Area (m ²)	2 x Area (m ²)
0,05	*	0,025	=	0,00125	0,0025
Glaset		Klossarnas		Last	
Egenvikt (kg)	/	Area (m ²)	=	(kg/m ²)	
67,5	/	0,0025	=	27000	
Tryckhållfasthet cellglasisolering					
Mpa =		>	(kg/m ²) =		
450	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ 450*10 ⁶		27000	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	270000

Beräkningar vindlast: Referensvindhastigheten V_{ref} (m/s) väljs från de mest blåsiga delarna av Sverige, $V_{ref} = 26$ m/s. Terrängtyp I är valt eftersom den är mest ogynnsam, alltså öppen terräng med få eller inga hinder t.ex. kuster och stränder vid öppet vatten, utpräglad slätlandskap. Med dessa värden tillsammans med byggnadens höjd, 8 m i det aktuella fallet, kan karakteristiskt hastighetstrycket q_k utläsas ur tabell: $q_k = 1,04$. Se figur 5.6.

Höjd h (m)	$V_{ref} = 24$ m/s				$V_{ref} = 25$ m/s				$V_{ref} = 26$ m/s			
	Terrängtyp				Terrängtyp				Terrängtyp			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	0,62	0,59	0,53	0,50	0,68	0,64	0,58	0,55	0,73	0,69	0,62	0,59
4	0,75	0,59	0,53	0,50	0,81	0,64	0,58	0,55	0,88	0,69	0,62	0,59
8	0,88	0,73	0,53	0,50	0,96	0,79	0,58	0,55	1,04	0,86	0,62	0,59

Den karakteristiska vindlasten multipliceras med lastreduktionsfaktorn som ger en dimensionerande vindlast. Med fönstrets area får vi därefter fram den förväntade lasten på fönstret.



Figur 5.6

VINDLAST

Invändigt sug för otät byggnad ger $\mu=0,4$

Utvändigt tryck $\mu=0,8$

Utvändiga tryck + invändigt sug ger $\mu, 0,4+0,8=1,2$

$v_{ref}=26\text{m/s}$

Terrängtyp=I

ger karakteristiskt hastighetstrycket $q_k=1,04$

$h=8$

KARATERISTISK VINDLAST

μ	*	q_k (kN/m ²)	=	w_k (kN/m ²)
1,2	*	1,04	=	1,248

DIMENSIONERANDE VINDLAST

Vindlasten betraktas som huvudlast, lastreduktionsfaktorn sätts till 1,3

w_k (kN/m ²)	*	γ	=	w_d (kN/m ²)
1,248	*	1,3	=	1,6224

w_d last per areaenhet

FÖNSTERAREA

Höjd (m)	*	Bredd (m)	=	Area (m ²)
1,5	*	1,5	=	2,25

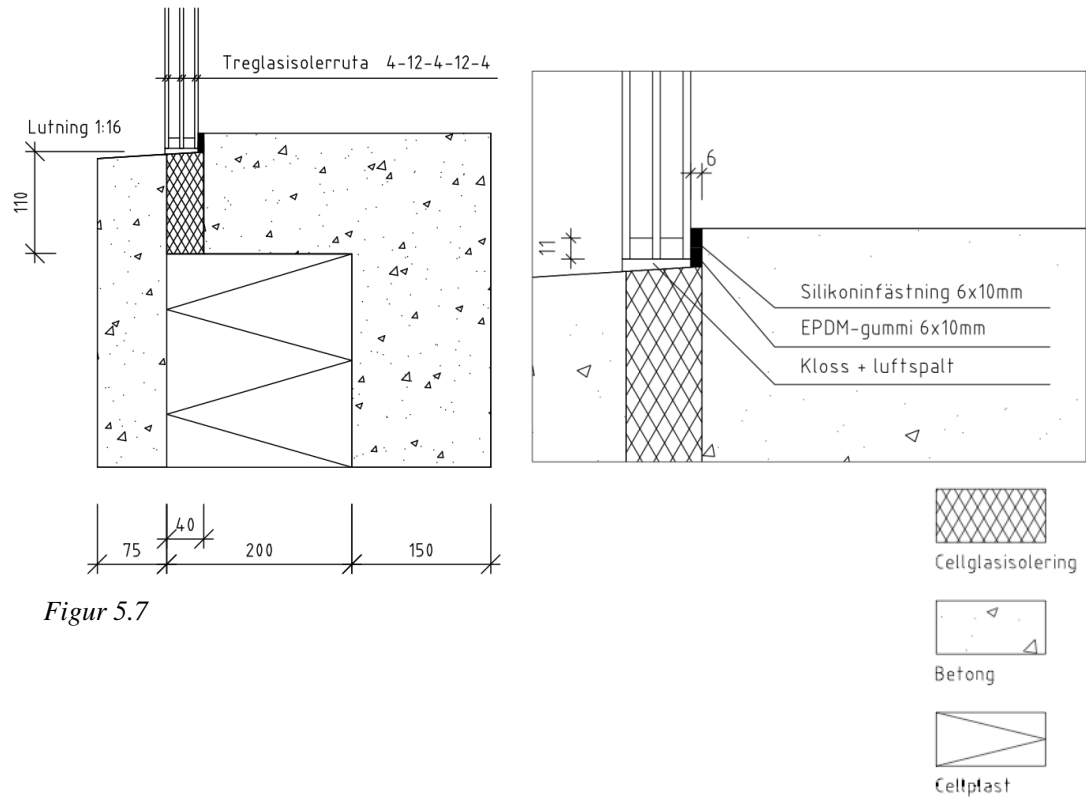
LAST PÅ FÖNSTER

w_d (kgN/m ²)	*	Area (m ²)	=	Last (kN)
1,6224	*	2,25	=	3,6504

Beräkningar infästning: Dimensionering av infästning. Fogdjupet beräknas efter formeln: $d = (b/5) + 3$, där b är fogbredden i millimeter (AMAHus 2008).

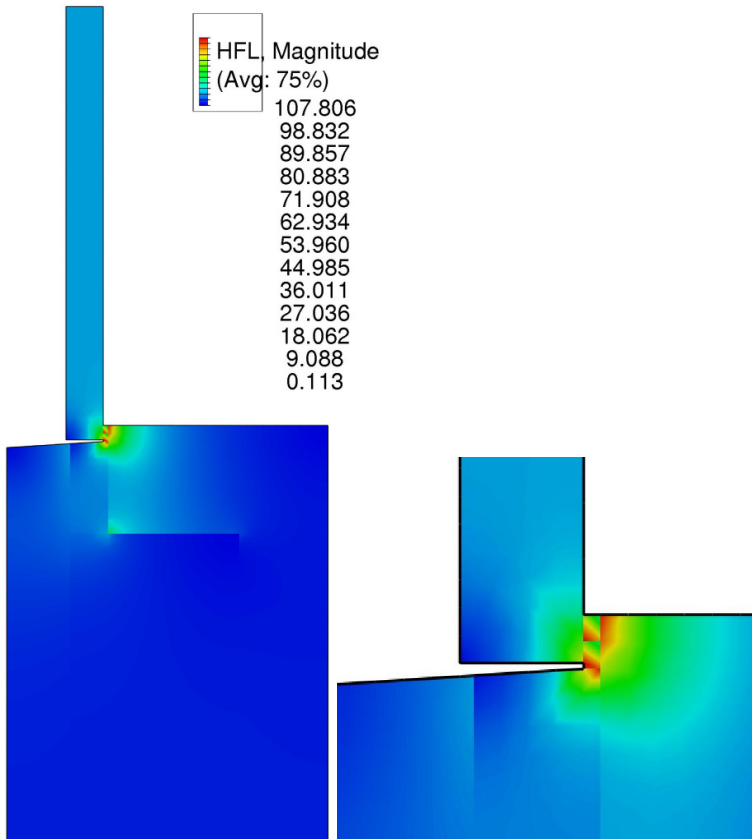
DIMENSIONERING AV INFÄSTNING			
	H (mm)	G20% (MPa)	
<i>Bostik Silikon Bygg 2685</i>	6	0,24	
<u>FOGAREA</u>			
Höjd-fog (m)	*	Omkrets-fönster (m)	= Fogarea (m²)
0,011	*	6	= 0,066
<u>LASTUPPTAGNING-FOG</u>			
Modul/dragpåkning vid 20%			
Mpa -->	kN/m ²		
0,24	240		
Modul (kN/m²)	*	Fogarea (m²)	= Lastupptagning (kN)
240		0,066	= 15,84
<u>HÅLLER DET?</u>			
Vindlast (kN)	<	Lastupptagning (kN)	
3,6504	<	15,84	

6.2 Alternativ 2

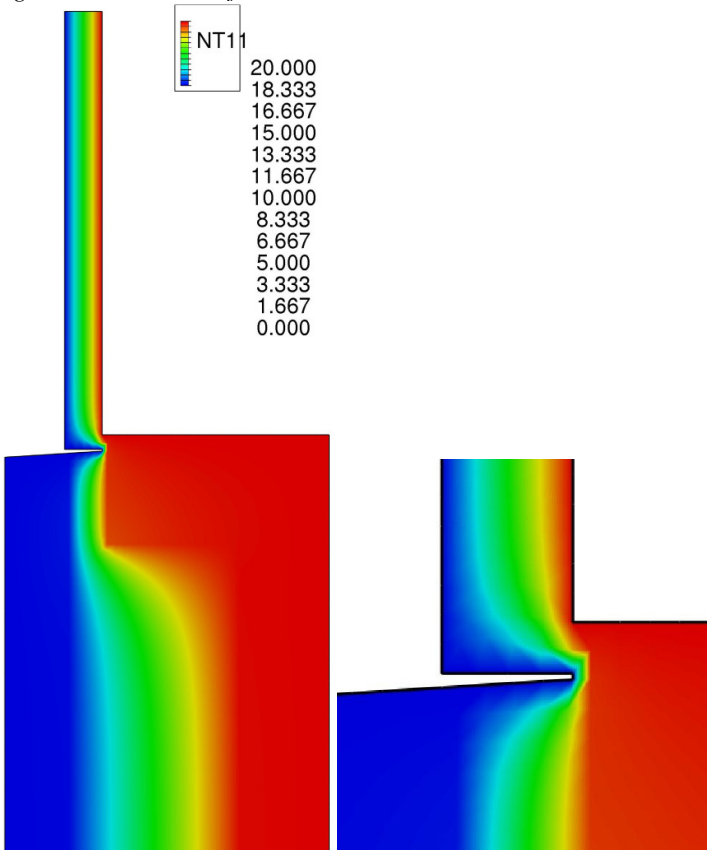


Figur 5.7

Konstruktionsritningen som visas i figur 5.5 liknar till stor del det första alternativa förslaget. Den här andra lösningen togs fram till följd av att det fanns en risk att konstruktionen i alternativet 1 inte skulle upprätthålla regntätningen. Den stora skillnaden mellan alternativen hittas vid anslutningen kring isolerrutan. Den är inte tätad med fogmassa istället har den ersatts med en luftad spalt, en s.k. tvåstegstätning. Den luftade spalten runt fönstret medför att eventuellt inträngande vatten kan dräneras bort. Den inre tätningen är diffusionstät det vill säga lufttät och tar upp eventuella tryckskillnader som kan uppkomma. Svagheten med denna lösning är den köldbrygga som tydligt illustreras i figur 5.6. Den temperaturövergång som skildras utgör en stor risk för invändig kondensbildning.



Figur 5.8 visar värmeflödet



Figur 5.9 visar temperaturfördelning

7 Analys av resultat

Utifrån en estetisk synvinkel ligger resultatet väldigt när den vision som från början till slut präglade rapporten. I de förslag till konstruktions- lösningar som tagits fram inverkar själva infästningen ytterst lite på det samlade visuella intrycket av fönstret. Dock måste det understrykas att själva arbetsutförandet blir väldigt relevant för slutresultatet, detta gäller speciellt vid applicering av fogmassan i det första alternativet. Ett icke korrekt utförande kan resultera i att fogen blir ojämn och inte blir estetiskt tilltalande, både inifrån och utifrån. I alternativ två kommer klossningen att vara synlig utifrån. Det är svårt att redogöra för vilken inverkan detta får på det samlande intrycket då faktorer som placering av fönstret och klossarnas dimensioner samt placering inverkar. En visualisering har utförts av det första alternativet. Trots det skulle det i båda fallen vara mycket intressant att uppföra ett praktiskt exempel, en prototyp, praktisk modell, verklig fullskalig modell för att vara säker på hur det kan se ut.

Det centrala i rapporten har varit att funktion ska gå hand i hand med estetiken. Genom sammanfattningen och fördjupningen av samtliga funktionskrav fanns sedan en bra grund för utredandet och utvecklandet av tidigare befintliga lösningar och att utarbeta två nya.

Efter att ha varit i kontakt med arkitekten Jan Henrichsen för att få svar på frågan huruvida intresset och efterfrågan ser ut på det aktuella uttrycket svarade han följande:

Smäckra fönsterprofiler är något arkitekter länge eftersträvat och fortfarande eftersträvar.

Henrichsen hänvisar även till Wingårdhs Arkitekter som i flera av sina projekt bl.a. i bo01 området i Malmö använder motsvarande uttryck.

I rapporten har utifrån de aktuella materialvalen tre befintliga lösningar av fönsterinfästningar presenterats. Ett äldre utförande av Sigurd Lewerentz visar även den på att efterfrågan funnits sedan flera år tillbaka dock är det en lösning som inte skulle uppfylla dagens funktionskrav beträffande *värme och energi*. Ett annat exempel på befintlig lösning var en *Structrual glazing* lösning som samfattar hur många av dagen projektörer väljer att konstruera infästningar som utifrån kräver begränsat karmuttryck. Denna typ av konstruktionslösning uppfyller flest funktionskrav, dock kan det uppstå svårigheter med utbytbarheten om man väljer att bygga in själva ”förankrings ramen”. Den tredje konstruktionslösningen som kreativa hus praktiserar var

den minst konventionella samtidigt som den bäst motsvarade grunden för denna rapport av att titta på alternativa infästningsmetoder, gav dessutom goda möjligheter att ge ett resultat som motsvarar det sökta ”uttrycket”.

De svårigheter och brister i förslagen till konstruktionslösningar som kan tänkas uppstå utifrån funktionskraven, är främst i *Regntätning* och *kondensrisk*.

Den första infästningslösning som togs fram har en regntätning som är utförd enligt principen för enstegstätning, samtidigt som den saknar dräneringsmöjlighet för vatten om det ändå skulle ta sig in i konstruktionen.

Per Gunnar, Universitetslektor i byggnadsmaterial:

*jag menar bestämt att ert alt 2 måste förordas. Om man som i alt 1 fyller hela spalten med silikon så kan ev. isolerrutan klara detta. Dock blir fogens utformning **synnerligen ogynnsam**. De rörelser som trots allt uppstår kommer därför att skapa stora spänningar mellan betong och glaskant vilket skapar problem med sprickor, läckage etc.*

Per Gunnar Burström understryker den överhängande risken att vatten med tiden trots bra utförande av tätningsarbete kommer att leta sig in i konstruktionen.

Därefter tog beslutet av att ytterligare ta fram ett förslag utifrån det som förordats av Burström.

8 Diskussion och Slutsatser

Två förslag på konstruktionslösning har tagits fram. Utifrån en estetisk synvinkel kommer konstruktionslösningarna mycket nära de ursprungliga intentionerna. Om de aktuella konstruktionslösningarna är paraktiskt tillämpbara är svårt att avgöra, det viktiga är att de framtagna lösningarna ska inspirera och uppmana till att bredda vyer inom infästningsmetoder. De svagheter som bör beaktas i de båda förslag till konstruktion är regntäthet i det första alternativet och invändig kondens, främst i det andra fallet. Ett teoretiskt bra resultat medför ingen säkerhet på hur konstruktionen ter sig i praktiken, kvaliteten på hur montaget utförs kan få stora konsekvenser. Trots en utomordentlig ritning kan det slarvas och bli fel. På en arbetsplats finns oftast varken tid eller pengar för att ständigt närvara på bygget för att säkerställa att allt utförs korrekt.

En icke synlig infästning istället för en minimering av fönsterkarm valdes slutligen då det sökta uttrycket blev mer efterliknat. Den ursprungliga idén i examensarbetet har följts konsekvent. Det som bör påpekas är rapportens

bredd på bekostnad av djupare analysering som kunnats göra på fogmaterial och enskilda funktionskrav.

Sammanställningen i rapporten av funktionskraven för fönster i bostadshus är ytterst användbar för de flesta som planerar att projektera för fönsterinfästning. Den ger en insikt över de funktioner ett fönster ska eller bör uppfylla.

Att studera funktionskraven samtidigt som det skett en diskussion om olika lösningar med erfarna personer från glas- och betongbranschen har varit ett givande tillvägagångssätt. Strävan har varit att ta fram en egen konstruktion. I efterhand kanske det hade varit mer värdefullt att lägga mer tyngd på att analysera och jämföra med befintliga konstruktioner, både med och utan karm. I rapporten fick detta tyvärr ett begränsat utrymme och fungerade mer som inspiration och upplysning. Fördelen med hur arbetet faktiskt gjordes är att de framtagna lösningarna blivit djupt analyserade, i annat fall skulle arbetet snarare redogöra enbart för svårigheter. I rapporten har en stor del fokuserats på glaset och betongen, de resterande materialen i konstruktionens uppbyggnad har inte fått lika stort utrymme.

9 Avslutande del

9.1 Litterära källor

Ahlin, J. (1985). Sigurd Lewerentz – arkitekt. Bromma: Byggförlaget

Anderlind, G. & Stadler, C-G. (2004). *Isolerguiden 04*. En vägledning till Boverkets byggregler om energihushållning och värmeisolering. Tomelilla: Åbergs tryckeri AB

Burström, P. (2001). *Byggnadsmaterial. Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur

Bygga med prefab

Carlsson, P. (2005). *Bygga med glas*. Stockholm: Glasbranschföreningen

Falk, T et al. (2005). *Boken om glas*. Växjö. Glafo

Höglund, I. & Åhlgren, B. (1973). *Fönsterteknik. Läro- och handbok i byggnadsteknik*. Stockholm: Institutionen för byggnadsteknik KTH

Maurin, G. (1984). *Fönster. Projektering, Byggande, Underhåll*. Stockholm: Svensk Byggtjänst

Monteringstekniska kommittén. (1998). *Säkerhet*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Monteringstekniska kommittén. (2001). *Brand. Val av montering av glas i brandhämmade konstruktioner*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Monteringstekniska kommittén. (2001). *Montering av isolerrutor*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Monteringstekniska kommittén. (2007). *Skydd. Montering av glas avsedda för olika typer av skydd*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Monteringstekniska kommittén. (2008). *Glas Regler Föreskrifter*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Monteringstekniska kommittén. (2008). *Glas och ljud*. Växjö: Glasbranschföreningen & Svensk Planglasförening

Nevander, L. & Elmarsson, B. (2006). *FUKT handbok*. Praktik och teori. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Redlund, M. (2008). *Stark, skön och formbar. En bok om betongens mångfald*. Värnamo: Fälth & Hässler

Sandin, K. (1996). *VÄRME OCH FUKT*. Lund: Institutionen för byggnadsteknik, byggnadsfysik

Tykesson, T. (2001). *Guide till Malmös arkitektur*. Malmö: Arkitektur förlag AB

Warfvinge, C. (2003). *Installationsteknik AK för V*. Lund: KFS AB

Pilkington. (2006). *GLASFAKTA 2007. Ett praktiskt hjälpmedel för val av bygglas*. Pilkington Floatglas AB

9.2 Internetkällor

Betongvaruindustrin, 2009: Betong sparar energi . (19.05.2008.) Tillgängligt <<http://www.betongvaruindustrin.se/sv/System/Artiklar-Startsida/Betong-sparar-energi/>>

Boverket, 2009: *Energihushållning*. 19 PDF Format (28.01.2009.) Tillgängligt
<<http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2008/Regelsamling-for-byggande-BBR-2008/><

Boverket, 2009: Fukt i byggnader. (11.09.2009.) Tillgängligt
<<http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Bygga-nytt/Fukt-i-Byggnader/><

Foamglas, 2009: Allmänt om foamglas. (24.4.2009.) Tillgängligt
<<http://site.foamglas.se/><

Foamglas, 2009: Generellt om foamglas (29.5.2009.) Tillgängligt
<<http://site.foamglas.se/sw2810.asp><

Fönster fukt och innemiljö, 2009: Dagsljus (29.5.2009.) Tillgängligt
<<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/dagsljus.asp><

Fönster & fönsterdörrar, 2009: Fönstrets historia. (21.7.2009.) Tillgängligt
<<http://www.allmoge.se/fonsterhistoria.html><

Skandinaviska Glassystem AB 2009: SG 2000 (2.8.2009.) Tillgängligt
<<http://www.scandglas.com/products/sg2000.aspx><

Skandinaviska Glassystem AB, 2009: references (2.8.2009.) Tillgängligt
<<http://www.scandglas.com/references.aspx><

Skillnader mellan olika fönster, 2009: *Fönster som spar energi och pengar*. 6 PDF Format. Tillgängligt
<http://www.energifonster.nu/sv/skillnader_mellan_olika_fonster.aspx<

9.3 Tidningskällor

Granvik, Margot (2008). Svenska byggingenjörers riksförbund•BYGG•EL•VVS•ANLÄGGNING. *Husbyggaren 2/08*, v13

9.4 Muntliga källor

Andersson, Jan-Åke, 2009: Intervju på Kreativa Hus arkitektkontor. (6.4.2009.)

9.5 Bildkällor

1.1 Illustration (Persson A & Ullén M)

1.2 Illustration (Persson A & Ullén M)

2.1 Blomsterkiosken(Persson A & Ullén M)

2.2 Fönsterinfästning(Persson A & Ullén M)

- 2.3 Detaljritning av fönsterinfästning (Persson A & Ullén M)
- 2.4 Marinmuseet, Karlskrona (Skandinaviska Glassystem).
- 2.5 Deltaljritning av fönsterinfästning i fasad (Skandinaviska Glassystem)
- 2.6 Detaljritning av fönsterinfästning i grund (Skandinaviska Glassystem)
- 2.7 Fönster, Åhus (Kreativa Hus Arkitekter)
- 2.8 Fönsterinfästning. (Kreativa Hus Arkitekter)
- 2.9 Detaljritning av fönsterinfästning (Kreativa Hus Arkitekter)
- 3.1. Treglasisollerruta (Persson A & Ullén M)
- 3.2 Strålning (Persson A & Ullén M)
- 3.3 Direkt och diffus strålning (Persson A & Ullén M)
- 3.4 Strålning genom glas (Persson A & Ullén M)
- 3.5 Härdat glas (Glasfakta 2007 2006)
- 3.6 Laminerat glas (Glasfakta 2007 2006)
- 3.7 Sandwichelement (Persson A & Ullén M)
- 3.8 3-glasisoleruta i fast trækarm (Nevander & Elmarsson 2006)
- 3.9 Principen för tvåstegstätning (Nevander & Elmarsson 2006)
- 3.10 Egenlast (Persson A & Ullén M)
- 3.11 Vindlast (Persson A & Ullén M)
- 3.12 Temperaturbetingade rörelser (Persson A & Ullén M)
- 3.13 Värmeförlust (Persson A & Ullén M)
- 4.1 Placering av säkerhetsglas (Persson A & Ullén M)
- 5.1 Visualisering av lösningsförslag (Persson A & Ullén M)
- 5.2 Ritning, konstruktion alt.1 (Persson A & Ullén M)
- 5.3 Värmeflöde alt.1 (Persson A & Ullén M)
- 5.4 Solinstrålning (Persson A & Ullén M)
- 5.5 Temperaturfördelning alt.1 (Persson A & Ullén M)
- 5.6 Referensvindhastighet, Sverige
- 5.7 Ritning, konstruktion alt.2 (Persson A & Ullén M)
- 5.8 Temperaturfördelning alt.2 (Persson A & Ullén M)
- 5.9 Värmeflöde alt.2 (Persson A & Ullén M)

9.6 Bilagor

Beräkningar köldbrygga.

Beräkningar av köldbrygga i UNORM

Mått i meter: x → 0.5 0.11 0.02 y ↓ 0.075 0.04 0.16 0.15

λ-värde:

- Aktivera
- Välj λ-värde
- Välj lags
- Byt λ-värde

0.033
0.034
0.035
0.036
0.037
0.038
0.04
0.045
0.12
0.14
0.18
0.25
0.6
1
1.7
17
50
-
Beräknas

Lättbetong
Trä, träskivor
Golvspånskiva
Gipsskiva
Fasadtegel
Puts
Betong
Rostfritt stål
Stål
Inneluft, Ureluft
Innesluten luft

Om inga Lambda-värden visas, klicka på 'Normala'. Värdena kan ändras. Följ sedan de 4 punkterna. Med Innesluten luft menas t.ex. luft i mellanbjälklag. En yttre luftspalt bör ej specificeras som material. Använd i stället ett R-värde som inkluderar fasad + luftspalt.

Randvillkor åt: Norr Väster Öster Söder

1. Välj färgruta och riktning
2. Klicka på rand eller på

R	Temp	
0.13	20	Uppvärmat utrymme
0.1	20	
0.17	20	

0.04	0	Icke Uppvärmat utrymme
	0	
	0	
	0	

→ Värmeledning = 0
 Visa alla randvillkor

Beräkningsfall **Modell**

Betongklacken tas inte med när U-värdet beräknas.

Referensfall

FlödeB = 5.805 FlödeR = 2.151
Ψ = 0.1827 T_{yta min} = 17.96

λ Normala Ång Rutnäts Hjälp
Ψ Beräkna ,00... Decimal Rutnäts

Randvillkor

