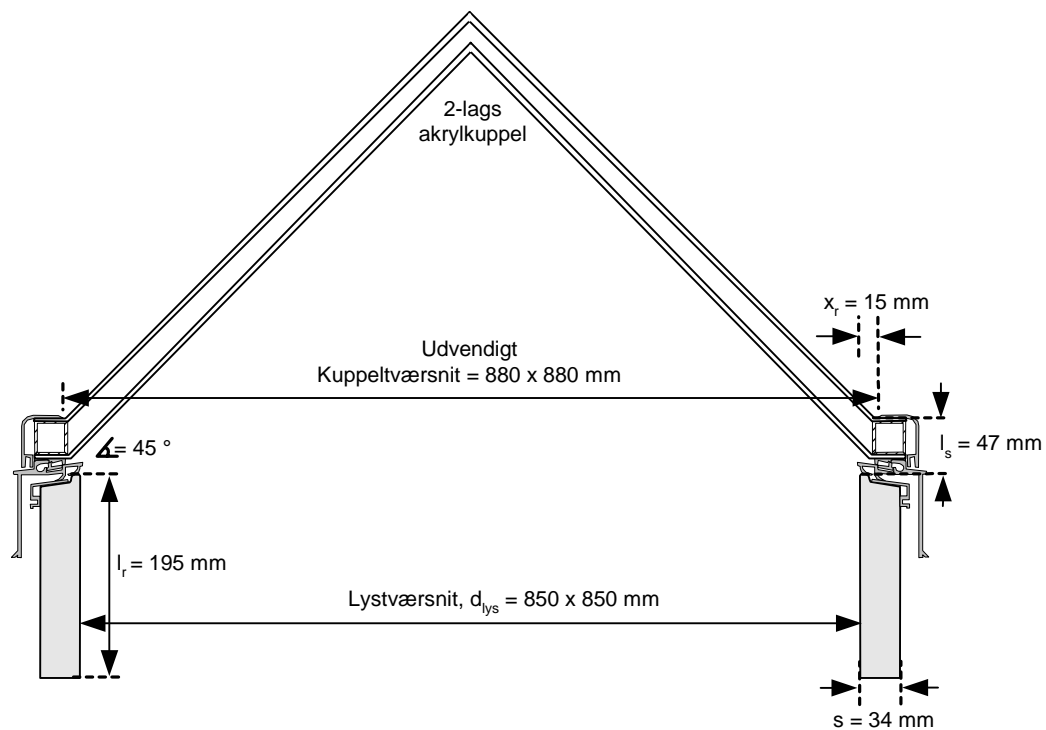


## Bilag 1: Beregningseksempel.

Bilaget har til formål at vise beregningsproceduren for ovenlys ved anvendelse af et specifikt profil. Profilet og et tværsnit af ovenlyset er vist på figur 1.

Det betragtede ovenlys anvender identiske ramme/karmprofiler for de 4 sider. Foretages der i stedet beregninger på et ovenlys med en hulkammerkuppel, er det ligeledes nødvendigt at foretage separate beregninger på gavlene, som vil have et andet ramme/karmprofil.

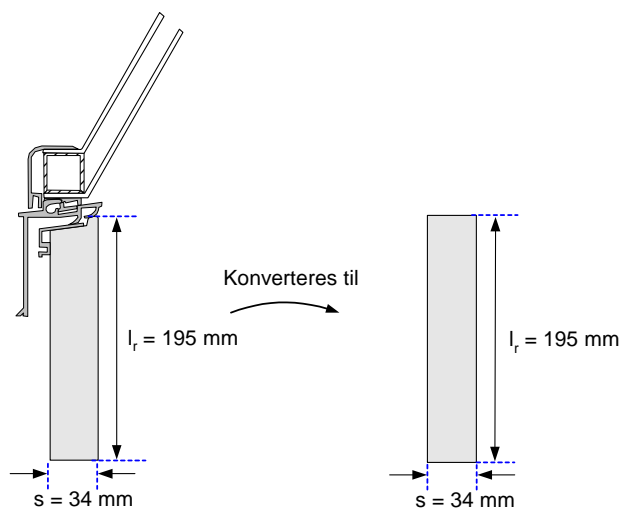
Der regnes med et lysareal på 850 x 850 mm, hvilket giver et areal på 0,72 m<sup>2</sup>. Den anvendte kuppel er en 2-lags akrylkuppel som er pyramideformet, med en vinkel på 45° fra vandret. Profilet er udført med en standard trækarm på 34 x 195 mm (s x l<sub>r</sub>), monteret med en 2-delt aluramme.



Figur 1 Tværsnit af ovenlys, med angivelse af de benyttede dimensioner

### Beregning af transmissionskoefficienten, $U_r$ , for karm

Karmen konverteres til et homogent udsnit, og transmissionskoefficienten beregnes.



**Figur 2 Definition af den én-dimensionelle varmestrøm gennem karm**

For det anvendte profil beregnes transmissionskoefficienten for karmen som  $U_r = (R_i + R_u + s/\lambda)^{-1}$ :

$$U_r = \left( 8^{-1} + 23^{-1} + \frac{0,034}{0,13} \right)^{-1}, \quad U_r = 2,33 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Arealet af karmen,  $A_r$ , findes som perimeteren af det yvendige karmmålt, ganget med højden/længden ( $l_r$ ) af karmen. Arealet beregnes som  $A_r = 4 \cdot ((d_{lys} + 2s) \cdot l_r)$

$$A_r = 4 \cdot ((0,85 + 2 \cdot 0,034) \cdot 0,195) = 0,72 \text{ m}^2.$$

### Transmissionskoefficienten, $U_g$ , for kuppel

Ovenlyset anvender en 2-lags akrylplade med en pladeafstand på 14 mm. Transmissionskoefficienten,  $U_g$ , for kuplen beregnes iht. DS 418/Til 1, 1.udg. 1997 ”Beregning af bygningers varmetab. Tillæg omhandlende vinduer og yderdøre”, hvor U-værdien korrigeres for anvendelse af akryl i stedet for glas, dvs. isolansen af akrylpladerne erstatter isolansen for tilsvarende plader af glas.

Transmissionskoefficienten for en 2-lags rude med almindelig luft og uden belægning på glasset findes i DS 418/Til 1, tabel 6.9.1. Værdien aflæses for en rude med en  $45^\circ$  hældning til  $U_{g,glas} = 2,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Der korrigeres for anvendelsen af akryl:

$$U_g = \left( 2,95^{-1} - 2 \cdot \frac{0,003}{1} + 2 \cdot \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 2,75 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Det udvendige kuppelareal beregnes ved en simpel geometribetragtning af en pyramide. Grundarealet af den definerede pyramideformede kuppel er 0,88 x 0,88 m og en vinkel på 45 ° fra vandret.

$A_g$  beregnes til:

$$A_g = 4 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot 0,88 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,88}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,88}{2}\right)^2} \right) = 1,10 \text{ m}^2$$

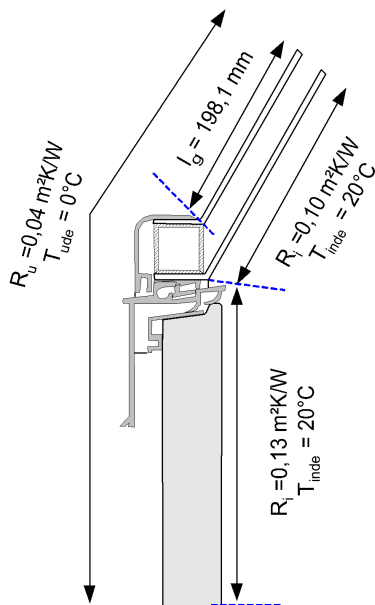
### Beregning af den lineære transmissionskoefficient, $\Psi$

Det anvendte profil opbygges i "Therm". Kuplen implementeres ved anvendelse af en ækvivalent varmeledningsevne,  $\lambda_{\text{ækv}}$ , for luftmelletrummet,  $d_g$ , som er fundet på baggrund af  $U_g$ , ved følgende formel:

$$\lambda_{\text{ækv}} = \frac{d_g}{U_g^{-1} - R_i - R_u - 2 \cdot R_{\text{plade}}}$$

$$\lambda_{\text{ækv}} = \frac{0,014}{2,75^{-1} - 10^{-1} - 23^{-1} - 2 \cdot \frac{0,003}{0,2}} = 0,074 \text{ W/mK}$$

Modellen beregnes nu under anvendelse af randbetingelserne angivet på figur 3.



Figur 3 Anvendte randbetingelser i "Therm"

Den indvendige overgangsisolans af kuplen sættes til  $R_i = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ , da hældningen fra vandret er under  $60^\circ$ .

Der udføres en beregning i "Therm" hvor  $U_{tot}$ , ud fra den indvendige side, findes til  $U_{tot} = 2,6157 \text{ W/m}^2\text{K}$  ved en  $l_{tot} = 447 \text{ mm}$ . Det er nu muligt at udregne det definerede liniebidrag fra samlingen.

$$\psi = U_{tot} \cdot l_{tot} - U_r \cdot l_r - U_g \cdot l_g$$

$$\psi = 2,6157 \cdot 0,447 - 2,33 \cdot 0,195 - 2,75 \cdot 0,198 = 0,171 \text{ W/mK}$$

Længden  $l_\psi$ , for den lineære transmissionskoefficient findes som perimeteren af det indvendige karm-mål med et tillæg,  $x_r$ .

$l_\psi$  findes derfor som:

$$l_\psi = 4 \cdot (d_{lys} + 2 \cdot x_r)$$

$$l_\psi = 4 \cdot (0,85 + 2 \cdot 0,015) = 3,52 \text{ m}$$

Arealet af samlingen,  $A_s$ , findes som perimeteren af det udvendige karm-mål, ganget med højden/længden ( $l_s$ ) af samlingen. Arealet beregnes som  $A_s = 4 \cdot ((d_{lys} + 2 \cdot s) \cdot l_s)$

$$A_s = 4 \cdot ((0,85 + 2 \cdot 0,034) \cdot 0,047) = 0,17 \text{ m}^2.$$

Alle nødvendige udregninger er nu foretaget, og der kan laves en udregning for det komplette ovenlys vha.

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + A_r \cdot U_r + \psi \cdot l_\psi}{A'}$$

**Tabel 1** Oversigt over beregnet data

"Kuppel" 2-lag akryl		Karm		Lineær transmissionskoefficient		Samling
$U_g$	$A_g$	$U_r$	$A_r$	$\psi$	$l_\psi$	$A_s$
2,75 W/m <sup>2</sup> K	1,10 m <sup>2</sup>	2,33 W/m <sup>2</sup> K	0,72 m <sup>2</sup>	0,171 W/mK	3,52 m	0,17 m <sup>2</sup>

Det samlede areal  $A'$  beregnes som summen af  $A_g$ ,  $A_r$  og  $A_s$ .

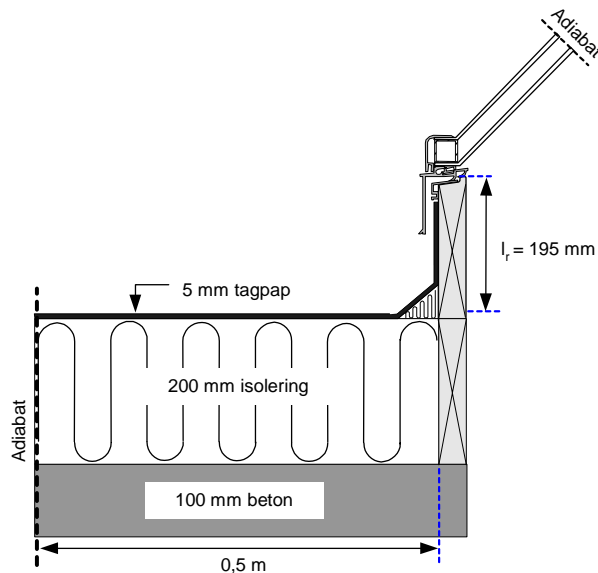
$$A' = A_g + A_r + A_s = 1,98 \text{ m}^2$$

$$U = \frac{1,10 \cdot 2,75 + 0,72 \cdot 2,33 + 0,171 \cdot 3,52}{1,98} = \underline{\underline{2,66 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

## Beregning af lineær varmetransmissionskoefficient, $\Psi_s$ , mellem tagkonstruktion og ovenlys

Den lineære varmetransmissionskoefficient bestemmes detaljeret i henhold til proceduren angivet i DS418/Til. 4.

Konstruktionen er opbygget som illustreret på nedenstående figur



Figur 4 Indbygning af ovenlys i tag

Den samlede varmestrøm gennem ovenlys og tagkonstruktion bliver iht. *Therm* beregning:

$$Q_{\text{samlet}} = 0,9692 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,286 \text{ m} = 1,2466 \text{ W/mK}$$

$$Q_{\text{tag}} = 0,1857 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,09285 \text{ W/mK}$$

Tabel 2 Beregnede varmestrømme til bestemmelse af  $\psi$

Konstruktionsdel	Varmestrøm
Samlede totale varmestrøm	1,2466 W/mK
1-dimensional varmestrøm gennem tag	0,09285 W/mK
Varmestrøm gennem ovenlys	1,170 W/mK
Lineær transmissionskoefficient, $\psi_{\text{tag}}$	-0,016 W/mK

Som det ses er den lineære varmetransmissionskoefficient negativ, dette skyldes den ekstra tag isoleringskile der er placeret til venstre for karmen.