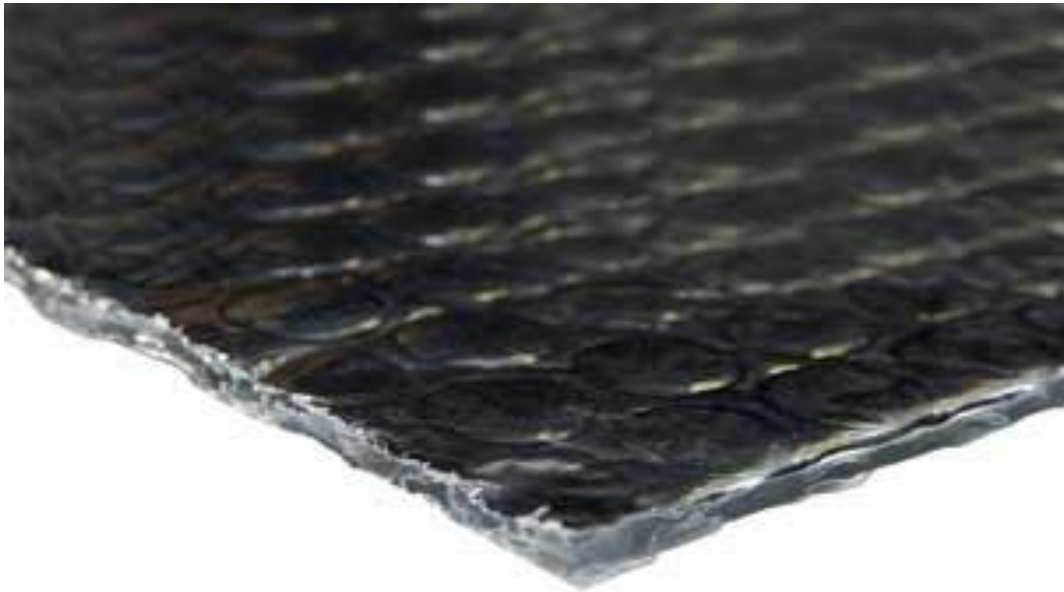


CHALMERS



Strålningsisolering

Aluminiumfolie med olika funktioner

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

JON HREGGVIDSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2010
Examensarbete 2010:52

EXAMENSARBETE 2010:52

Strålningsisolering

Aluminiumfolie med olika funktioner

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JON HREGGVIDSSON

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2010

Examensarbete

Strålningsisolering
Aluminiumfolie med olika funktioner

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

JON HREGGVIDSSON

© JON HREGGVIDSSON 2010

Examensarbete

Examensarbete/Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2010:52

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Bild av dubbelsidigt aluminium isolering:
Foto hämtat <http://www.radiantbarrier.com/bubble-foil-insulation.htm>

Chalmers reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2010
Examensarbete

Strålningsisolering

Aluminiumfolie med olika funktioner

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

JON HREGGVIDSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Ett viktigt forskningsområde inom byggnadsfysik är hur energiåtgången för uppvärmning av byggnader kan minimeras. I detta arbete undersöks en typ av isolering. Den består av en plastfolie med luft innesluten och aluminiumfolie på båda sidor. Tanken med denna typ av isolering är att värmestrålningen skall reflekteras tillbaka in i huset och inte transmittas ut igenom konstruktionen. Undersökningarna avgränsades endast till effekterna av långvågig värmestrålning. Samtidigt som fuktberäkningar eller fuktgenomsläppslaborationer inte heller genomförts. Metoderna för undersökningarna används en så kallad plattapparat som i huvudsak består av två plattor som är temperaturjusterbara. Värmefflöde uppkommer i apparaten på grund av den termiska drivkraften. Värmen söker sig ifrån den varma plattan till den kalla plattan, värmefflödet som uppstår i mellan plattorna registrerades sedan i apparaten. Mätdata sparades och registrerades för korta tidsintervall i en dator som var kopplad till plattapparat. Slutligen gjordes ett antal hanberäkningar för att ta reda på både strålningsisoleringens värmemotstånd och U-värden. Resultaten visar att strålningsisoleringens värmemotstånd varierade beroende på utformningarna av försöken. R-värden hamnade mellan $0,429 \text{ m}^2\text{K/W}$ och $0,850 \text{ m}^2\text{K/W}$. Dessa värden omvandlades till ekvivalent mineralulltjocklek med samma värmemotstånd för att få en bättre känsla för hur mycket strålningsisoleringen isolerar. Tjocklekarna varierade mellan 1,42cm och 2,81cm mineralull. Ett av de användningsområden där strålningsisoleringen fungerar på ett bra sätt är att den konventionella fuktspärren byts ut mot strålningsisolering. Strålningsisoleringen uppfyller två funktioner, den släpper inte igenom fukt samtidigt som den isolerar. Den reflekterande isoleringen passar bra som komplement till vanlig mineralull i ytterväggar. Strålningsisoleringen monteras på insidan av ytterväggen som en indragen ångspärr. Mellan strålningsisoleringen och gipsen bildas en icke ventilerad luftspalt där elinstallationer kan monteras. Det visar sig att strålningsisolering som är monterad på insidan av installationsluftspalten blir motsvarande en luftspalt fylld med mineralull.

Nyckelord: Strålningsisoleringsmaterial, Reflekterande värmestrålning, Värmefflöde, U-värde

Reflective Insulation
Aluminum foil with different properties
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
JON HREGGVIDSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Environmental issues, amongst others, are hot issues nowadays. There is much discussion of how the energy consumption for heating can be reduced. This report examines an additional option, with regard to insulation, that may be suitable for use as insulation here in the Swedish climate. Studies have been done in form of laboratory tests on insulation materials made of barrier air bubble film, coated with an aluminum foil. Properties of these insulation materials are that the heat is reflected back due to a low emission value for long wave radiation. The method used to examine the insulation was performed with a so-called hot plate apparatus. The device is equipped with two temperature adjustable plates, allowing generation of a heat radiation between the two plates. The insulation is placed between the plates, and a measuring device calculates the heat flow that goes through the insulation. Based on the heat flow, the U-value of the insulation can then be calculated. The results show that thermal resistance of Radiation Insulation varied according to designs of experiments, R values were between $0.429 (m^2\text{°C}/W)$ up to $0,850 (m^2\text{°C}/W)$. These values were converted into mineral wool thickness to get a better sense of how much Radiation Insulation insulates. Thicknesses ranging from 1.42 cm up to 2,81 cm mineral wool for all calculations. The advantage of Radiation Insulation can be found when it will be used to replace conventional moisture barrier. Radiation Insulation has a double function, i.e. it is both a moisture barrier and a thermal insulation. This type of insulation is well suited to be complementary to the ordinary mineral wool in external walls. Radiation Insulation is mounted on the inside of the outer wall, followed by a 2.5 cm batten, fastened with screws to the outer wall, and finally double plasterboard is screwed on to the battens. Between Radiation Insulation and the plasterboard we now have a non-ventilated air gap, which can be used to install electrical conduits. Test values indicate that by using Radiation Insulation the non-ventilated air gap performs as it would fill with mineral insulation.

Key words: Insulation, Reflecting heat radiation, Heat flow, U-value

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	1
FÖRORD	3
NOMENKLATUR	4
1 INLEDNING	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Metoder och genomförande	5
1.4 Avgränsningar	7
2 VÄRMEFLÖDE	8
2.1.1 Långvågig värmestrålning	8
2.1.2 Svartkroppsstrålning	8
2.1.3 Värmetransporter	9
2.1.4 Icke ventilerad luftspalt	10
2.1.5 Värmeledning	11
3 LABORATIONER	12
3.1 Luftspaltens betydelse	13
3.1.1 Tjocklek 10 mm	13
3.1.2 Tjocklek 27 mm	15
3.1.3 Värmegenomgångsmotstånd och U-värde	16
3.2 Försök med och utan strålningsisolering	16
3.2.1 Värmegenomgångsmotstånd och U-värde	17
3.3 Sammanfattning av resultat	17
4 ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN	18
5 DISKUSSION	20
5.1 Slutsatser	20

6	KÄLLFÖRTECKNING	21
6.1	Litteratur	21
6.2	Elektroniska källor	21
6.3	Figurförteckning	21

Förord

Examensarbetet omfattar 16.5 poäng och är en obligatorisk del av Byggingenjörsprogrammet 180 poäng vid Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknik. Arbetet har initierats av företaget K.Petursson Iceland. Arbetet har till en största del utförts via laborationer på Chalmers tekniska högskola i Göteborg.

Jag vill härmed tacka all som har bidraget med råd och synpunkter i detta arbete. Särskilt vill jag tacka min handledare professor Carl-Eric Hagentoft samt Marek Machowski som har hjälpt till vid utförandet av laborationerna.

Göteborg juni 2010

Jon Hreggvidsson

Nomenklatur

A	area (m^2)
d	tjocklek (m)
q	värmeväxlingsstäthet (W/m^2)
R	värmemotstånd ($m^2K/W, m^2°C/W$)
R_T	totala värmemotståndet ($m^2K/W, m^2°C/W$)
R_{se}	yttre värmeövergångsmotstånd ($m^2K/W, m^2°C/W$)
R_{si}	inre värmeövergångsmotstånd ($m^2K/W, m^2°C/W$)
R_g	värmemotstånd för icke ventilerad luftspalt ($m^2K/W, m^2°C/W$)
T	temperatur ($°C, K$)
T_e	ute temperatur ($°C, K$)
T_i	innetemperatur ($°C, K$)
U	värmeövergångskoefficient ($W/m^2K, W/m^2°C$)
α_c	värmeöverföringskoefficient för konvektion (W/m^2K)
α_r	värmeöverföringskoefficient för strålning (W/m^2K)
α_{c+cd}	kombinerat konvektiv och konduktiv värmeöverföringskoefficient (W/m^2K)
ε	relativt strålningsantal för långvågig strålning (-)
λ	värmeledningsförmåga, värmekonduktivitet ($W/mK, W/m°C$)
σ	Boltzmanns konstant (W/m^2K^4)

1 Inledning

Ett viktigt forskningsområde inom byggnadsfysik är hur energiåtgången för uppvärmning av byggnader kan minimeras. I detta arbete undersöks en typ av isolering. Den består av en plastfolie med luft innesluten och aluminiumfolie på båda sidor. Huvudfunktionen hos isoleringen är att reflektera värmestrålning. Forskningen inom området är mycket begränsad. För att undersöka hur väl materialet fungerar i en normal konstruktion kommer laborationer att utföras.

1.1 Bakgrund

Undersökningarna är gjorda efter en förfrågan från grossistföretaget K. Petursson som har sitt säte på Island. Företaget är intresserat av en objektiv undersökning av strålningsisoleringen med hänsyn till långvågig värmestrålning. Det vill säga strålning som motsvarar normal rumstemperatur. Företaget vill också se om det finns några lämpliga applikationer inom byggkonstruktioner.

1.2 Syfte

Det huvudsakliga syftet med arbetet är att undersöka materialets isoleringsförmåga med avseende på värmestrålning. En studie kring tänkbara användningsområden kommer också göras.

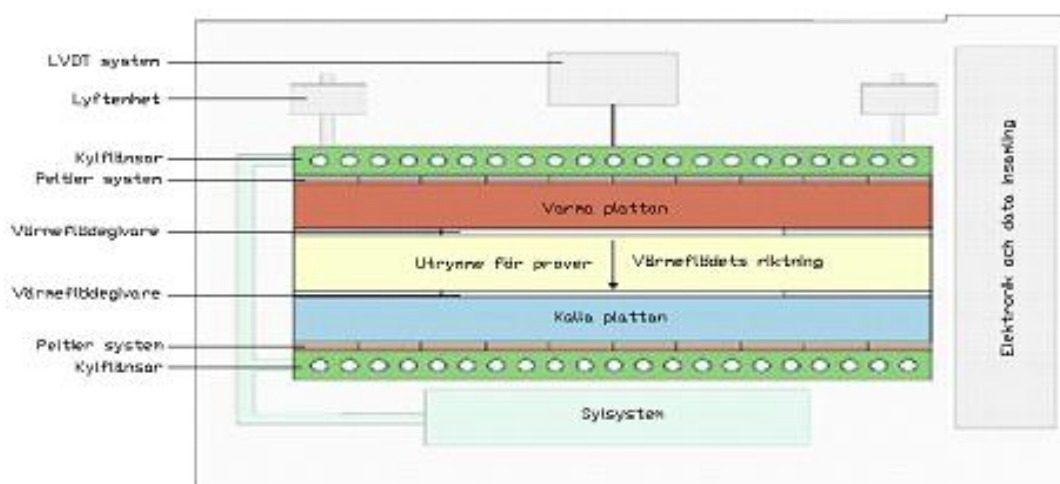
1.3 Metoder och genomförande

Undersökningarna på isoleringsmaterialen utfördes i en så kallad plattapparat, se figur 1.1, som är tillgänglig på Chalmers tekniska högskola. Apparaten är uppbyggd av två plattor vars temperatur kan justeras mellan 0 och 40 grader Celsius. Mellan de båda plattorna placeras den konstruktion som skall undersökas. Värme flödar från den varmare plattan till den kallare. Flödet strävar efter att nå jämvikt. Det flöde som passerar genom materialen mellan plattorna mäts av apparaten. Mätvärdena samlas i dator ansluten till apparaten. Mätdata registreras och sparas med justerbart tidsintervall, under undersökningarna användes 10 minuters intervall.



Figur 1.1 Plattapparat på Chalmers tekniska högskola

Figur 1.2 visar apparatens uppbyggnad. De viktigaste delarna är de båda plattorna. Mellan finns ett utrymme för de testkonstruktioner som skall undersökas. Testen begränsas till en höjd av 10 cm och med bredden 30 cm. Ovan plattorna är kylflänsar monterade för att leda bort överskottsvärme. Plattornas respektive temperatur kontrolleras av ett Peltier-system via en integrerad cirkulerande vätska. Båda plattor är utrustade med givare som mäter värmeflödet. Givarna är kopplade till en dator som registrerar värdet på flödet. Riktningen på flödet indikeras av pilen i figuren (Netzsch,2010).



Figur 1.2 Illustration av plattapparaten (Netzsch, 2010)

Figur 1.3 visar hur de olika testkonstruktionerna placerades i apparaten. I detta test prövas en konstruktion med oventilerad luftspalt, kalibreringsskiva samt strålningsisolering.



Figur 1.3 Testkonstruktion placerat i plattapparat.

För att säkerställa att plattorna har den temperatur som angetts startas apparaten 24 timmar före försöket. Undersökningen pågår sedan i 12 timmar, detta för att jämvikt säkert skall ha uppnåtts. Med insamlad data från plattapparaten beräknas både värmemotstånd och U-värden för strålningsisoleringen.

1.4 Avgränsningar

Arbetet begränsas till att undersöka effekter av långvågig värmestrålning. Isoleringens diffusionstäthet kommer inte att undersökas eller mätas.

2 Värmeflöde

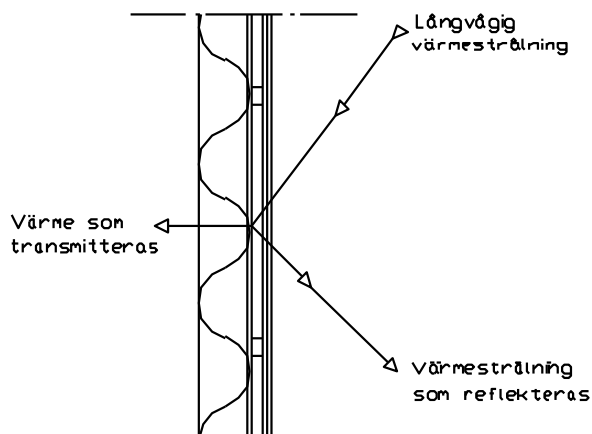
I detta kapitel beskrivs den teoretiska grund som används vid analys av de mätvärden som erhålls från försöken.

2.1.1 Långvågig värmestrålning

Långvågig värmestrålning har andra egenskaper än de hos solstrålning. Intensiteten och energimängden är lägre hos strålning med längre våglängd. Den är inte heller synlig för det mänskliga ögat. En bra beskrivning av detta är när värmen från den kortvågiga solstrålningen passerar genom ett fönsterglas. Strålningen absorberas av rummets ytor och emitteras från ytorna som värmestrålning. Denna strålning kan inte passera genom fönsterglas. Detta ger den så kallade drivhuseffekten (Peterson, 2007).

2.1.2 Svartkroppsstrålning

Teorin om svartkroppen bygger på att en så kallad ideal svartkropp som har absorptans lika med ett. Vilket betyder att kroppen absorberar all strålning som inkommer mot dess yta och reflekterar ingen strålning tillbaka. När absorptansen blir mindre än ett innebär det att kroppen reflekterar allt mer av strålningen. Figur 2.1 nedan illustrerar värmestrålning inkommande mot en väggkonstruktion, en del av strålningen reflekteras tillbaka in i rummet och resten transmittteras ut igenom konstruktionen. Genom att använda ett material med hög reflektans kan värmestrålningen hindras från att transporteras ut ur byggnaden.



Figur 2.1 Illustration av infallande värmestrålning som reflekteras och transmittteras.

Summan av dessa tre effekter hos materialet kommer att vara lika med den infallande, vilket beskrivs med (2.1).

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.1)$$

α absorptans

ρ reflektans

τ transmittans

Ogenomskinliga byggmaterial har transmittans, τ , lika med noll i flesta tillfällen. I byggfysikaliska sammanhang approximeras materialets emittans, eller strålningstal, till att vara lika med dess absorptans, enligt (Hagentoft, 2001).

$$\alpha = \epsilon \quad (2.2)$$

Värmeflödet mellan två parallella ytor i en luftspalt med olika emittans kan ett gemensamt värde på spaltens emittans skrivas enligt (2.3)

$$\frac{1}{\epsilon_{12}} = \frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \quad (2.3)$$

ϵ_1 emittans hos yta 1

ϵ_2 emittans hos yta 2

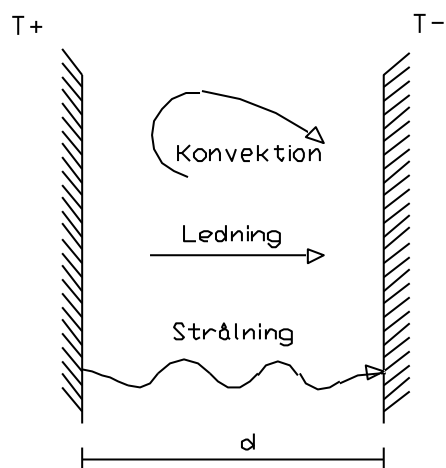
2.1.3 Värmetransporter

Värmetransport i konstruktioner kan delas upp i tre olika delar. Gemensamt för dessa är den termiska drivkraften som uppstår där det finns en temperaturdifferens. En större differens skapar en högre drivkraft. (Peterson, 2007).

- *Konduktion.* Uppstår i fasta material. Värme leds genom materialet. Storleken på flödet styrs av temperaturdifferens och materialets ledningsförmåga
- *Konvektion.* Värme transporteras från en yta via luft i rörelse.
- *Strålning.* Till skillnad från konduktion och konvektion kräver strålning inget medium för att transportera värme. Två ytor som inte har samma temperatur strålar olika mycket och ett nettoflöde uppstår från en varmare yta till en kallare.

2.1.4 Icke ventilerad luftspalt

Vid beräkning av värmetransporten i en icke ventilerad luftspalt skall hänsyn tas till strålning, konvektion och ledning. I figur 2.2 visar pilarna dessa tre delar. Det finns värmetransport formler som gör det möjligt att beräkna och få fram det exakta värmemotståndet i luftspalten enligt Hagentoft C E.(2001).



Figur 2.2 Illustration av värmetransport i en icke ventilerad luftspalt.

Konvektion och ledning kan beräknas på ett förenklat sätt enligt ekvation (2.4).

$$\alpha_{c+cd} = \frac{\lambda_{luft}}{d} + \alpha_c \quad (2.4)$$

För värmestrålning beräknas överföringskoefficienten enligt (2.5).

$$\alpha_r = 4\epsilon_{12}\sigma \left(\frac{T_1+T_2}{2}\right)^3 \quad (2.5)$$

σ Boltzmanns konstant

ϵ_{12} gemensamt strålningstal för luftspalten

Den sammanlagda ledningsförmågan för luftspalten kan uttryckas som ett värmegenomgångsmotstånd enligt (2.6).

$$R_g = \frac{1}{\alpha_{c+cd} + \alpha_r} \quad (2.6)$$

2.1.5 Värmeledning

Värmeledning genom konstruktioner beräknas med hjälp av de ingående materialens respektive tjocklek, värmeledningsförmåga tillsammans med temperaturskillnaden över konstruktionen (Peterson, 2007). Uttrycket kan skrivas enligt (2.7).

$$q = \lambda \cdot \frac{T_i - T_e}{d} \quad (2.7)$$

λ värmeledningsförmåga

d materialtjocklek

T_i inomhustemperatur

T_e utomhustemperaturen

Ovanstående uttryck kan också beskrivas genom värmegenomgångsmotståndet enligt (2.8).

$$q = \frac{T_i - T_e}{R_T} \quad (2.8)$$

Där, R_T ($m^2 \text{°C}/W$), är det totala värmemotståndet för konstruktionen. Ett högt värde på värmegenomgångsmotståndet skapar ett lägre värmefflöde.

En konstruktions isoleringsförmåga kan uttryckas med dess värmegenomgångskoefficient vilken definieras som inversen av konstruktionens totala värmemotstånd, enligt (2.9).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1.9)$$

U-värdet är ett mått på hur mycket värme en konstruktion släpper ut i form av transmitterad värmeförlust per ytenhet och grad Celsius, ($W/m^2 \text{°C}$).

3 Laborationer

För att undersöka strålningsisoleringen har flera olika kombinationer av material vid försöken. Det värmemotstånd som beräknas för strålningsisoleringen kommer sedan konverteras till en ekvivalent mineralullstjocklek. Konverteringen görs för att lättare skapa en förståelse för vilken isoleringsförmåga materialet har.

Specifikationer från producenten av strålningsisoleringen:

STRÅLNINGSISOLERINGEN: ett lager av 4 mm luftbubblor som är laminerad med två lager av aluminiumfolie

TJOCKLEK: 4 mm nominell.

GENOMSLÄPP AV VATTENÅNGA: $2.44 \cdot 10^{-7} \text{ gr/m}^2\text{s}$

REFLEKTIVITET: 97 %.

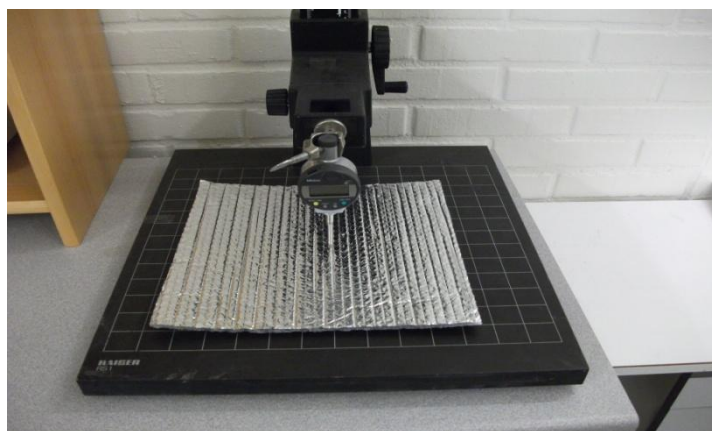
EMITTANS: 0,03 på folie sidorna.

OXIDERAR: inte.

ALUMINIUMFILMERNAS BESTÅR AV: 99 % rent aluminium.

Produktinformation hämtades ifrån producentens hemsida (Innovative insulation inc, 2010).

Tjockleken på strålningsisoleringen mättes med digital mätklocka, se figur 3.1. Mätningar gjordes i olika punkter runtomkring på isoleringen. Som slutgiltigt värde på isoleringens tjocklek används mätpunkternas medeltjocklek.

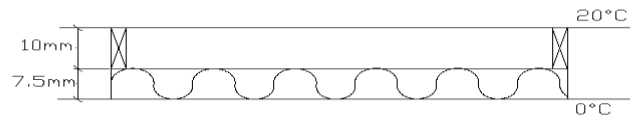


Figur 3.1 Utrustning för mätning av tjocklekar.

3.1 Luftspaltens betydelse

Inverkan av luftspalt undersöks genom att utföra försök med varierande tjocklek. Vid försöken används en icke ventilerad luftspalt placerad vid konstruktionens varma sida.

3.1.1 Tjocklek 10 mm



Figur 3.2 Illustration av försök med 10 mm luftspalt och ett lager strålningsisolering.

Försökets utformning ges i figur 3.2 ovan. Värmeflödet uppmättes till $q = 34,00 \text{ W/m}^2$. Det totala värmemotståndet kan lösas ut ifrån värmeflödesekvationen (2.8).

$$R_T = \frac{20-0}{34} = 0,589 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Det totala värmemotståndet delas upp i isoleringens värmemotstånd och luftspaltens värmemotstånd. Det kombinerade värmemotståndet för ledning och konvektion hämtas ifrån en tabell sid 45 Hagentoft C E.(2001).

$$\alpha_{c+cd} = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Det gemensamma strålningstalet i luftspalten beräknas enligt ekvation (2.3).

Strålningstalet för plattapparaten är $\epsilon = 0,7$

Strålningstalet för strålningsisoleringen är $\epsilon = 0,03$

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{1,429+33,333-1} = 0,030$$

Värmeöverföringskoefficient för strålning beräknas enligt ekvationen (2.7).

$$\alpha_r = 4 \cdot 0,03 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{293 + 273}{2} \right)^3 = 0,154 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Det totala värmemotståndet för luftspalten blir:

$$R_g = \frac{1}{2,500+0,154} = 0,377 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

Isoleringen förbättrar värmemotståndet i luftspalten på grund av sitt låga strålningsstal. Om ytan varit beklädd av plast istället för aluminium hade strålningsstalet varit 0,93 till skillnad från 0,03 som är strålningsstalet för strålningsisoleringen.

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{1,429 + 1,075 - 1} = 0,665$$

$$\alpha_r = 4 \cdot 0,665 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{293 + 273}{2} \right)^3 = 3,418 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_g = \frac{1}{\alpha_{c+cd} + \alpha_r} = \frac{1}{2,500 + 3,418} = 0,169 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Första beräkningen av luftspalten med strålningsisoleringen gav att värmegenomgångsmotståndet blev $0,377 \text{ m}^2\text{K/W}$. Andra beräkningen med plast gav $0,169 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Luftspalten värmemotstånd förbättrades med:

$$R_g = 0,377 - 0,169 = 0,208 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Vilket kan tillgodoräknas strålningsisoleringen. Värmegenomgångsmotståndet för strålningsisoleringen kan uttryckas som skillnaden mellan det totala genomgångsmotståndet och motståndet hos luftspalten.

$$R_{Al} = R_T - R_g = 0,598 - 0,169 = 0,429 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Värmemotståndet för strålningsisoleringen tillsammans med mineralullens lambda-värde kan nu användas för att beräkna en ekvivalent mineralullstjocklek, d , som ger ett mer intuitivt mått på isoleringens effektivitet.

$$\lambda_{\text{mineralull}} = 0,033 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

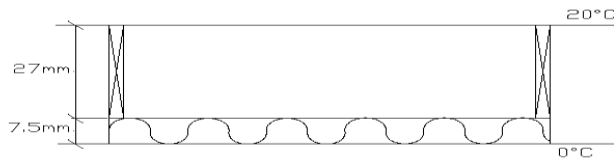
$$d = R_{Al} \cdot \lambda_{\text{mineralull}} = 0,429 \cdot 0,033 = 0,0142\text{m} = 1,42 \text{ cm}$$

Det totala värmemotståndet för testkonstruktionen blir uttryckt som motsvarande mineralulltjocklek:

$$d = R_T \cdot \lambda_{\text{mineralull}} = 0,598 \cdot 0,033 = 0,0197\text{m} = 1,97 \text{ cm mineralull.}$$

Försökets totala tjocklek är $1,75 \text{ cm}$.

3.1.2 Tjocklek 27 mm



Figur 3.3 Illustration av försök med 27 mm luftspalt och ett lager strålningsisolering.

Värmeflödet uppmättes till $q = 19,00 \text{ W/m}^2$

Beräkningsgången är densamma som i föregående försök.

Det totala värmemotståndet blev $R_T = 1,053 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Det totala värmemotståndet för luftspalten blev $R_g = 0,605 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Värmemotståndet i luftspalten om det ena siktet skulle vara beklätt med plast blir $R_g = 0,097 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Strålningsisoleringen har förbättrat luftspaltens värmemotstånd med $R_g = 0,605 - 0,203 = 0,402 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Värmegenomgångsmotståndet för strålningsisoleringen blir:

$$R_{Al} = R_T - R_g = 1,053 - 0,203 = 0,850 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

Vilket kan jämföras med mineralull med tjockleken 2,81 cm

Det totala värmemotståndet blir motsvarande i mineralulltjocklek.

$$d = R_T \cdot \lambda_{\text{mineralull}} = 1,053 \cdot 0,033 = 0,0347 \text{ m} = 3,47 \text{ cm mineralull}.$$

Försökets totala tjocklek är 3,50 cm

3.1.3 Värmeegenomgångsmotstånd och U-värde

Strålningsisolering med dubbelaluminiumfolie och luftbubblor ger följande resultat, med U-värden beräknade enligt ekvation (2.9).

Luftspalt 10 mm

$$R_{Al} = 0,429 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U\text{-värdet} = \frac{1}{0,429} = 2,331 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

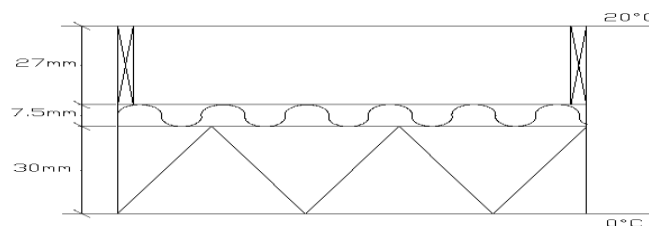
Luftspalt 27 mm

$$R_{Al} = 0,850 \text{ m}^2\text{K/W}$$

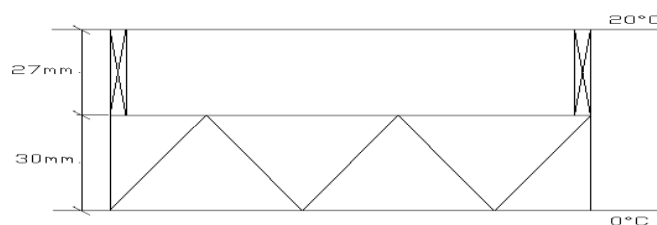
$$U\text{-värdet} = \frac{1}{0,850} = 1,176 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

3.2 Försök med och utan strålningsisolering

Försök gjordes med och utan strålningsisolering för att mäta skillnaden i värmefflöde. Vid försöken användes en kalibreringsskiva av cellplast med en tjocklek av 30,0 mm. Tjockleken på luftspalten var 27 mm för båda konstruktionerna.



Figur 3.4 Illustration av testkonstruktion med strålningsisolering.



Figur 3.5 Illustration testkonstruktion utan strålningsisolering.

Värmeflödet uppmättes till $q = 10,47 \text{ W/m}^2$ i försök med strålningsisolering.

Värmeflödet uppmättes till $q = 15,93 \text{ W/m}^2$ i försöket utan strålningsisolering.

I försöken utgör skillnaden i uppmätt värmefflöde mellan konstruktionerna strålningsisoleringens isolerande effekt. Den ekvivalenta mineralullstjockleken för den totala konstruktionen med strålningsisolering blir 6,30 cm.

Mineralullstjockleken i den totala konstruktionen utan strålningsisolering blir 4,14 cm.

Alltså strålningsisoleringens isoleringsförmåga blir 2,16 cm mineralull.

Med förbättringen av luftspaltens värmemotstånd på grund av strålningsisoleringens strålningsstal blir den totala isoleringsförmågan motsvarande 2,31 cm mineralull.

3.2.1 Värmeigenomgångsmotstånd och U-värde

Skillnaden i värmefflöde för genom de båda konstruktionerna ger att värden på strålningsisoleringens värmeigenomgångsmotstånd och U-värde blir:

$$R_{Al} = 0,655 \text{ m}^2\text{K/W}$$

och

$$U\text{-värdet} = \frac{1}{0,655} = 1,527 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

3.3 Sammanfattning av resultat

Resultaten från de olika försöken visar att isoleringsförmågan varierar. En orsak till detta kan vara att kontakten mellan isolering och apparatens plattor kan variera mellan försöken. Detta kan förklara spridningen i resultatet.

En tendens är också att en tjockare luftspalt ger ökad isoleringsförmåga för strålningsisoleringen. Detta visades i det första försöket med varierande tjocklek på luftspalten. I det första försöket var luftspalten 10,0 mm och isoleringsförmågan är då jämförbar med 1,42 cm mineralull. I det andra försöket var luftspalten 27,0 mm. Isoleringsförmågan blev då motsvarande 2,81 cm mineralull.

Försök med och utan strålningsisolering kompletterad med en annan isolering gjordes för att undersöka isoleringsförmågan hos strålningsisoleringen. Luftspalten i dessa försök var 2,7 cm, här blev isoleringsförmågan för strålningsisoleringen endast 2,31 cm.

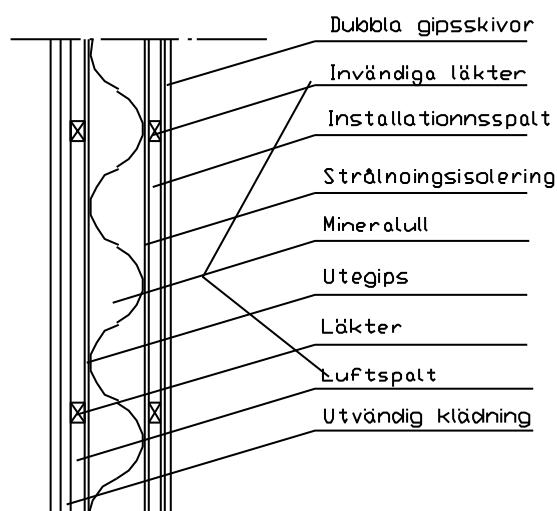
Jämför resultatet från alla försök ges att värmeigenomgångsmotståndet varierar mellan 0,429 och 0,850 $\text{m}^2\text{K/W}$. Vilket är ekvivalent med en tjocklek på mellan 1,42 och 2,81 cm mineralull. Finns det ändå användningsområden som är lämpade för strålningsisoleringen till exempel i ytterväggar och innertak.

Resultaten visar att strålningsisoleringen förbättrar isoleringsvärdet med ca 20 % i konstruktioner med 10 cm mineralull och med ca 15 % i konstruktioner med 15 cm mineralull.

4 Användningsområden

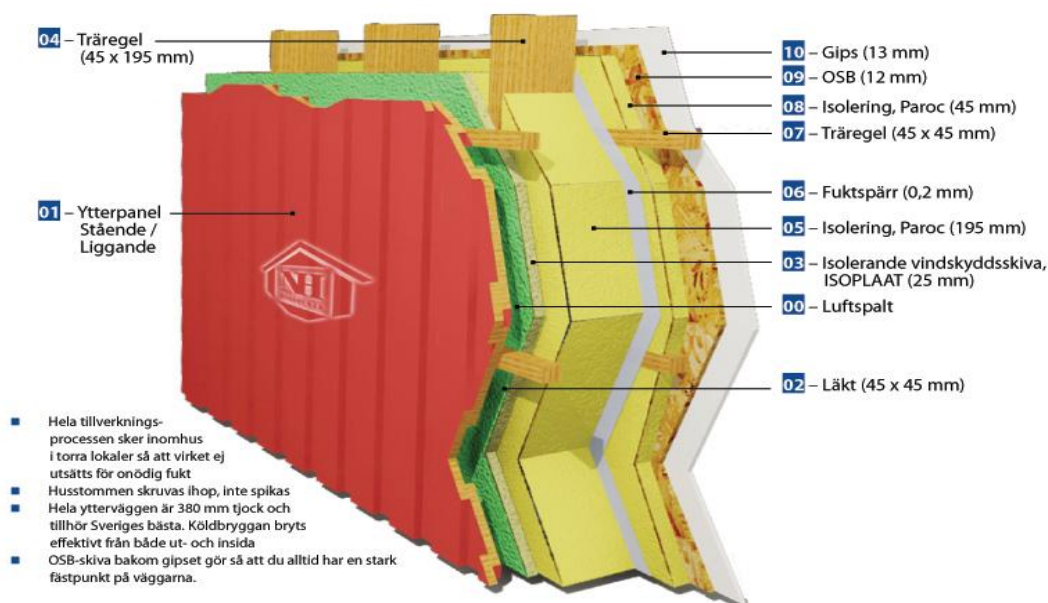
Resultaten visar tydligt att strålningsisoleringen kan vara bra komplement till befintliga isoleringsmaterial och parallellt fungera som indragen ångspärr. Luftspalten i ytterväggkonstruktionen tillsammans med strålningsisoleringen fungerar som om luftspalten hade varit fylld med mineralull. Fördelen med luftspalten är att det utrymmet kan användas till elinstallationer. Monteringens sker då innanför stommsystemet vilket gör det lättare att anpassa mineralullen till huvudstommen. Utan att riskera att köldbryggor uppstår där det är svårt att få mineralullen runt om elinstallationerna.

Försöken utfördes med en horisontell luftspalt, i en vertikal luftspalt finns det större risk för att luften kommer i rörelse och försämrar R-värdet för strålningsisoleringen. Figur 4.1 illustrerar hur en konstruktion med strålningsisolering kan se ut.



Figur 4.1 Yttervägg med strålningsisolering och luftspalt.

Det är vanligt att numera bygga hus med indragen ångspärr. Till skillnad ifrån konstruktionen i figur 4.1 ovan fylls det ytterste rummet eller luftspalten med mineralull i stället. Tanken med indragen ångspärr är att ångspärren inte behöver utsättas för genomgående installationshål. Den indragna ångspärren får inte vara placerad längre in än $1/3$ av konstruktionens tjocklek på grund av kondensrisk. Finns det hål i ångspärren riskeras att stora mängder fukt transporteras ut i konstruktionen via konvektion. Samtidigt minimeras risken för kölbryggor i väggen, detta eftersom isoleringen är monterat horisontellt på insidan av fuktspärren och vertikalt i den bärande stommen. Med denna metod ger begränsad yta med genomgående trä i konstruktionen. Figur 4.2 visar en konstruktion med inåtgående spalt som är 4.5 cm tjock och horisontellt isolerad.



Figur 4.2 Exempel på ytterväggkonstruktion med indragen ångspärr (Nordhus, 2010).

Konstruktionen i figur 4.1 har fördelen att isolering kring installationer inte behövs. Konstruktionen i figur 4.2 behöver isoleringsarbetet utföras, något som kan vara relativt tidskrävande. Isolering kring installationer kan vara svårt att få tät på grund av svåråtkomliga utrymmen där mineralullen skall placeras.

Användandet av strålningsisoleringen förbättrar arbetsmiljön genom minskad användning av mineralull. Effekterna av detta är mindre dammbildning på arbetsplatsen samt mindre spill av material.

Kostnadmässigt är strålningsisoleringen ganska dyr i inköp men detta kan kompenseras med:

- Luftspaltens utrymme behöver inte isoleras, vilket leder till färre arbetsmoment.
- Mineralull till luftspalten behövs inte.
- Strålningsisoleringen fungerar som ångspärr och ersätter därmed konventionell ångspärr.

5 Diskussion

När arbetet påbörjades med att undersöka litteratur över denna typ av isolering visade det sig vara mycket lite forskning skett inom området. Särskilt med hänsyn till långvågig värmestrålning. Det har fastställts i företagets egna undersökningar att strålningsisoleringen fungerar bra som värmeskydd i varma länder där värmen ifrån solstrålning är ett problem.

Arbetet bygger på resultaten ifrån egna laborationer för vidare analyser. Det finns nästan inget material eller undersökningar som kan användas som jämförelse av de laborationer som utförts under arbetet.

Det finns dock ett fåtal undersökningar utförda av producenten som har gjorts på strålningsisolering tillsammans med långvågig värmestrålning. Jämfört med de, under arbetet utförda, laborationerna visar på stora skillnader hos isoleringsvärdet. Producenten angav värden som motsvarar 20 cm mineralull. Medan det bästa värdet som erhöles under arbetet var 2.8 cm.

Producenten av strålningsisoleringen hävdar att isoleringsförmågan i en vertikal vägg med fackverksystem motsvarar ett R-värde på $6.4 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Konverterat till mineralulltjocklek blir tjockleken 21 cm. För att uppnå detta värde krävs luftspalter på bägge sidor om strålningsisoleringen som är minst 2.5 cm tjocka. Detta resultat verkar anmärkningsvärt.

Producenten påstår vidare att isoleringen är 4 mm i sina broschyrer. Men enligt egna mätningar blev tjockleken 7.5 mm.

5.1 Slutsatser

De viktigaste slutsatserna är att isoleringen kanske inte är någon revolutionerande isoleringsprodukt. Men det visar sig att isoleringen är ett bra komplement till befintliga isoleringsmaterial. Det finns både för och nackdelar med strålningsisoleringen. Den är dyr i inköp samt något tidskrävande under monteringsfasen. Samtidigt behövs inte konventionell fuktspärr eller mineralull till installationspalten vilket kan väga upp nackdelarna. Vidare ger strålningsisoleringen en bättre arbetsmiljö eftersom anpassning av mineralull minimeras.

6 Källförteckning

Detta kapitel redovisar de referenser som har använts i detta arbete.

6.1 Litteratur

Hagentoft, C E. (2001) *Introduction to Building Physics*. Studentlitteratur AB, Lund

Petersson, B Å. (2007) *Tillämpad byggfysik*. Studentlitteratur AB, Lund

6.2 Elektroniska källor

(Netzsch, 2010) *Produktblad för plattapparat*. http://www.netzsch-thermal-analysis.com/download/HFM_436_E_0608_27.pdf (Hämtad 2010-04-09)

Innovative Insulation inc, (2010) *TempShield™ Single Bubble Foil/Foil Insulation*. <http://www.radiantbarrier.com/bubble-foil-insulation.htm> (Hämtad 2010-03-07)

6.3 Figurförteckning

Figur 2: (Netzsch, 2010)

http://www.netzsch-thermal-analysis.com/download/HFM_436_E_0608_27.pdf
(2010-04-09)

Figur 13: (Nodhus, 2010) <http://www.nordhus.nu/konstruktion.html> (2010-05-03)