

REFLECTERENDE FOLIES OVER- OF ONDERGEWAARDEERD?



drs. ing. Harry Nieman, Adviesburo Nieman BV, Utrecht

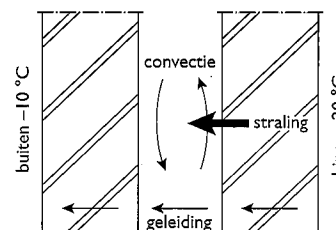
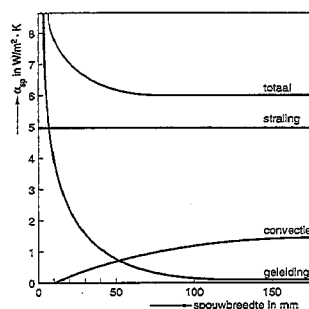
Reflecterende folies worden de laatste tijd steeds meer toegepast om de isolerende prestaties van isolatieplaten te verbeteren (in dit artikel enkelzijdig reflecterende folies genoemd). Daarnaast is al heel lang de zogenaamde tweezijdig reflecterende folie op de markt. Dit is met aluminiumfolie beklede PE-luchtkussenfolie met aan beide zijden een spouw. Relatief nieuw zijn de zogenaamde meerlaagse folies. Deze folies worden vooral in de 'doe het zelf' sector gebruikt. In dit artikel wordt geprobeerd enige achtergronden te geven over reflecterende folies en een (voorlopig) oordeel te geven over de isolerende prestaties die door de leveranciers worden geclaimd.

GECLAIMDE WARTEWEERSTAND

In de isolatienorm (NEN 1068: 2001) wordt een tweezijdig reflecterende folie aan beide zijden begrensd door een spouw van ≥ 5 mm gewaardeerd op $R_m = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Dit is een zeer 'veilige' waarde, die waarschijnlijk de prestatie van een reflecterende folie tekort doet. In de praktijk wordt steeds meer isolatiemateriaal aan de spouwzijde voorzien van een enkelzijdig reflecterende folie, de leveranciers claimen een hogere waarde, namelijk R_m van $0,39 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. De leverancier(s) van meerlaagse folies claimen zeer hoge warmteweerstanden, waarden van meer dan ($R_c > 5,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

THEORETISCH KADER

Bekend mag worden verondersteld dat warmte op drie manieren wordt getransporteerd zolang er een temperatuurverschil is, namelijk door geleiding, straling en convectie. De bekende "figuurtjes" met de drie overdrachtswegen in de spouw en hun onderlinge verhoudingen staan in elk bouw-fysicaboek.



Wanneer de warmtEDOORgang door straling beperkt wordt verbetert de R_m^1 van de spouw, zoals in dit artikel zal worden toegelicht.

Straling is een eigenschap van voorwerpen die ten opzichte van hun omgeving een hoge temperatuur hebben (denk aan een radiator). De energie *in* het voorwerp wordt aan de oppervlakte omgezet in elektromagnetische stralingsenergie. Het voorwerp emitteert (straalt uit) warmte. Hoe hoger de temperatuur van het voorwerp hoe hoger de uitstraling of het warmteverlies. Naast de temperatuur is ook de emissiefactor (ϵ) van belang, deze ligt tussen 0 en 1. De warmtestraling treft natuurlijk een ander (kouder) voorwerp (of de andere zijde van de spouw), dit vlak of voorwerp absorbeert deze warmte. Het gemak waarmee warmte wordt geabsorbeerd wordt uitgedrukt met de absorptiefactor (α). De emissiefactor van een materiaal is gelijk aan de absorptiefactor. De emissiefactoren kunnen worden bepaald met een infraroodmeter. Van veel materialen is de emissiefactor bepaald en vastgelegd, bijvoorbeeld in de SBR uitgave 9 (4^e druk) "Eigenschappen van Bouw- en isolatiematerialen". Veel materialen hebben een emissie (en absorptiefactor) van ca. 0,9, sterk glimmende materialen (bijvoorbeeld aluminiumfolie) bezitten waarden van ca. 0,03 – 0,15. Door vervuiling en corrosie loopt deze waarde in de praktijk echter terug.

R_m -waarden voor spouwen > 25 mm zijn (conform NEN 1068)		
Niet geventileerd	Ventilatieopeningen per m1 gevel < 500 mm ² .	$R_m = 0,18 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$
Zwak geventileerd	Ventilatieopeningen per m1 gevel > 500 - < 1500 mm ² .	$R_m = 0,09 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$
Sterk geventileerd	Ventilatieopeningen per m1 gevel > 1500 mm ² .	$R_m = 0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$

Opmerkingen: - deze waarden gelden voor niet reflecterende oppervlakken, (emissiefactor 0,9) zoals metselwerk, isolatie, hout en beton.
- deze waarden gelden voor verticale luchtlagen, dus horizontale warmtestromen (zie voor andere situaties NPR 2068).

¹ R_m = warmteweerstand van een laag

In NEN-EN ISO 6946 is een bepalingmethode opgenomen om de warmteweerstand van een spouw te berekenen (zie rekenvoorbeeld). Deze methode is bedoeld voor niet geventileerde spouwen. Momenteel onderzoekt TNO-Bouw wat het effect is van spouwventilatie op de warmteweerstand van de spouw, wanneer deze aan één zijde is voorzien van een reflecterende folie. Overigens dient te worden opgemerkt dat de isolatienorm aanbeveelt de spouw niet te ventileren.²

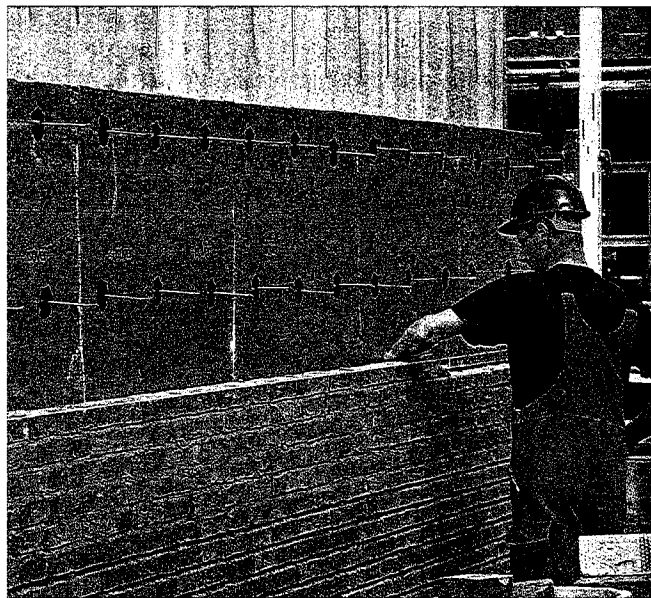
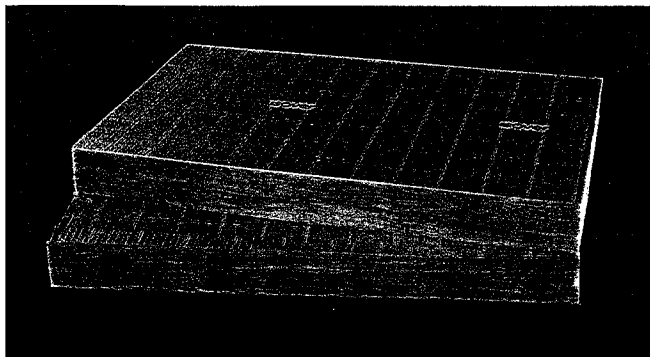
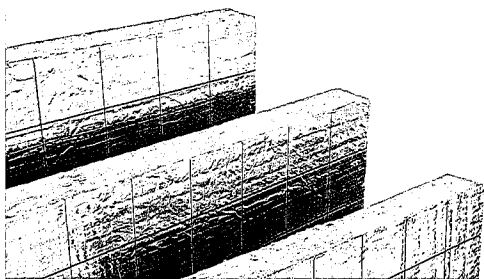
PRESTATIES REFLECTERENDE FOLIES

Enkelzijdig reflecterende folie

Rekenvoorbeeld 1 wijst uit dat een reflecterende folie aan de warme zijde van de spouw (dus op het isolatiemateriaal) een extra R_m -waarde oplevert van 0,39. De spouw warmteweerstand bedraagt dan $R_m = 0,57$ in plaats van $R_m = 0,18$. Metingen zowel in het laboratorium als in de praktijk wijzen echter uit dat deze waarde meestal hoger ligt. De berekeningsmethode is dus veilig. De claim van isolatiefabrikanten om een extra R_m toe te kennen van 0,39 aan de spouw is gebaseerd op de genoemde rekenmethode en is dus conservatief. Wellicht dat een waarde van 0,6 realistischer is.

Tweezijdig reflecterende folie

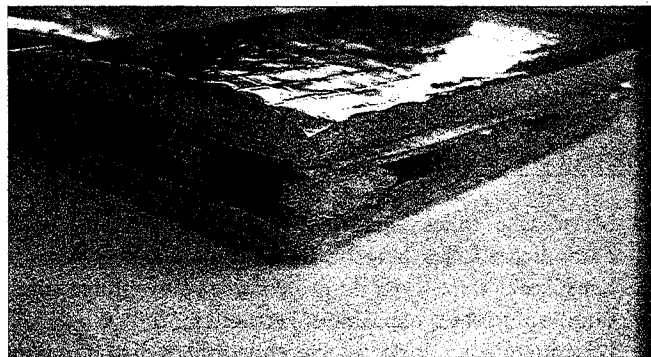
In rekenvoorbeeld 2 is de bekende aan twee zijden met aluminiumfolie beklede PE-luchtkussenfolie berekend. Dit product wordt met behulp van klemplaten vastgezet op spouwankers of gehecht op regelwerk (zie afbeelding), zodat aan beide zijden van de folie een spouw ontstaat.



Meerlaagse reflecterende folies

Buitenlandse leveranciers van meerlaagse reflecterende folies (dikte variërend tussen 10 en 30 mm) claimen soms R_c -waarden van boven de $5,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. De onderbouwing van deze waarde is discutabel. Door het rekenvoorbeeld 2 enkele keren te herhalen wordt theoretisch een hoge warmteweerstand berekend. Inmiddels hebben enkele toonaangevende Europese instituten aangetoond dat deze geclaimde waarden niet realistisch zijn en dat hooguit een R_m van ca. $1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ wordt gerealiseerd. Dit komt overeen met wat de Nederlandse fabrikanten van reflecterende folies al enkele tientallen jaren claimen voor PE-luchtkussenfolie aan beide zijden bekleed met tegen veroudering behandelde aluminium folie inclusief aan beide zijden een niet geventileerde spouw (zie rekenvoorbeeld 2).

De extra warmteweerstand (ca $0,4 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$) ten opzichte van rekenvoorbeeld 2 wordt opgebracht door de extra tussenlagen in deze meerlaagse folie.

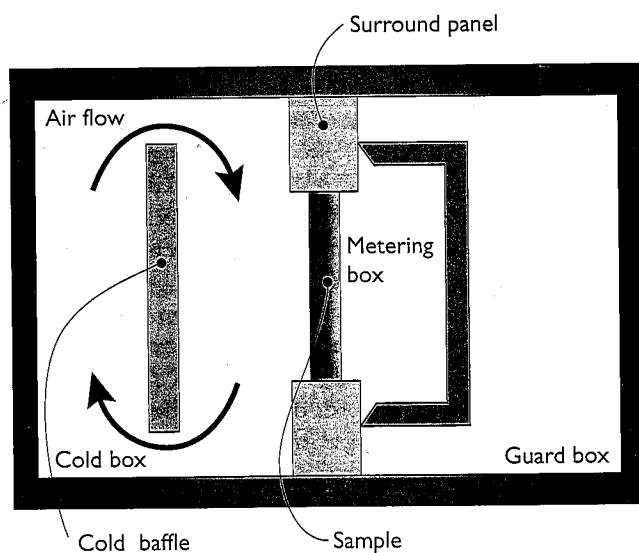
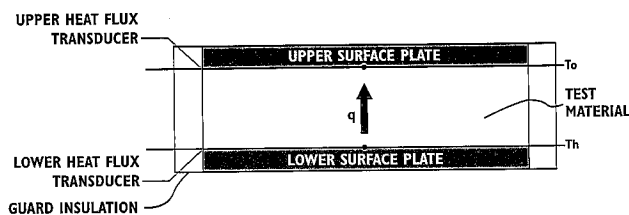


² Het effect van spouwventilatie op de droging van het buitenspouwblad is zeer beperkt, behalve bij geglazuurde- en verblend stenen. Ventilatie levert dan slechts energieverlies op.

Zie NEN 1068 – 12.2

METINGEN

Er worden twee methoden gebruikt om de warmtestroom door een materiaal of een constructie te bepalen. Voor de bepaling van de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ) van homogene materialen (bijvoorbeeld isolatiemateriaal) wordt meestal de warmtestroommeter (of hot-plate) gebruikt (zie afbeelding 1). Voor niet homogene materialen en constructies, bijvoorbeeld glazen bouwstenen en kozijnen wordt de zogenaamde hotboxmethode gebruikt (zie afbeelding 2). De eerste methoden zijn genormeerd in NEN-EN 12667:2001 (producten met een gemiddelde en hoge warmteweerstand). De aangehaalde door buitenlandse instituten uitgevoerde metingen zijn hotbox-metingen. Deze methode is vastgelegd in BS (BS = Britisch Standard) EN ISO 8990:1996.



PRAKTIJKAANBEVELINGEN

Meerlaagse folies zijn volledig dampdicht, ook worden dampdichte folies aangebracht op bepaalde isolatiesoorten, het spreekt vanzelf dat dit grote risico's (inwendige condensatie) oplevert bij bepaalde constructies. Bij minerale wol is de reflecterende folie weliswaar geperforeerd, maar is nog steeds relatief dampdicht. Er wordt al ruim 20 jaar gewaarschuwd voor de risico's van deze folies. Twee lagen geperforeerde folies (bij overlappen) is namelijk ook volledig dampdicht. Pas daarom deze reflecterende folies alleen toe wanneer het risico op inwendige condensatie er niet of nauwelijks is. Bij bijvoorbeeld constructies, waarin houten stijl- en regelwerk, balkhout en beplating wordt

gebruikt (voor binnenspouwbladen, dakelementen, houten daken enz.), betekent dat een goed aangebrachte dampremmende laag (voorkomen inwendige condensatie door dampdiffusie) en luchtdichte aansluitingen (voorkomen inwendige condensatie door convectie) noodzakelijk zijn. Wees alert op de luchtdichtingen rondom doorvoeren van bijvoorbeeld cv, ventilatie, riolering, buitenlichtpunten en buitenkranen. Wanneer er sprake is van steenachtige spouwmuuren dan is er een geringe kans op inwendige condensatie achter de reflecterende folie. Dit vocht verdwijnt weer door perforaties in de warmere perioden. Bij twijfel een dampdiffusie-berekening maken. Vanzelfsprekend gelden voor isolatiematerialen met folie dezelfde uitvoeringsaanbevelingen als bij gewone isolatiematerialen. Zie voor gedetailleerde aanwijzingen bijlage B van NPR 2068.

De werking van tweezijdige en meerlaagse reflecterende folies is alleen gewaarborgd bij de aanwezigheid van spouwen. In de praktijk blijkt regelmatig dat één van de spouwen niet aanwezig is door onzorgvuldig werken. De beloofde warmteweerstand wordt dan niet gerealiseerd. Nauwkeurige kwaliteitsinspectie is een voorwaarde voor een betrouwbaar resultaat.

CONCLUSIES

Wanneer een spouw van 50 mm volledig wordt gevuld met isolatiemateriaal wordt een R_m -waarde bereikt van ca. $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Wanneer een twee-zijdige reflecterende (luchtkussen) folie in een niet geventileerde spouw wordt geplaatst dan wordt een R_m -waarde bereikt van ca. $1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (zie rekenvoorbeeld 2). Het effect van ventilatie is niet meegenomen. Deze R_m -waarde is dus fors hoger dan de R_m van $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ uit NEN 1068: 2001.

Wanneer isolatie wordt voorzien van een reflecterende folie dan verbetert de R_c van de constructie rekenkundig met $0,39 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Praktijkmetingen wijzen (voorlopig) uit, dat $0,6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ realistischer is. Controlemetingen in de praktijk moeten dit gegeven verder onderbouwen. Het toepassen van relatief dampdichte reflecterende folies aan de buitenzijde constructies waarin hout is toegepast vraagt om goed aangebrachte dampremmende lagen en luchtdichtingen.

Meerlaagse reflecterende folies hebben hoogstens een R_m -waarde van $1,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. De extra warmteweerstand t.o.v. de tweezijdige beklede luchtkussenfolie wordt bereikt door de extra warmteweerstand van de tussenlagen (0,6 respectievelijk 0,2) en niet van additionele reflectie (zie rekenvoorbeeld).

CONSEQUENTIES VOOR DE PRAKTIJK

NEN 1068 dient aangepast te worden op twee punten:

- Forfaitaire waarden opnemen voor enkelzijdige- en tweezijdige (en meerlaagse) reflecterende folies;
- Randvoorwaarden voor het toekennen van extra warmteweerstand ten gevolge van het toepassen van reflecterende folies nadrukkelijk vastleggen.

Voor de gebruikers van isolatiemateriaal is het advies op zijn plaats om een product te kiezen waarvoor een Komo keurmerk is afgegeven. Dit Komo-keurmerk (Komo attest met productcertificaat) wordt alleen afgegeven op basis van een beoordelingsrichtlijn (BRL) die is goedgekeurd door de harmonisatie commissie bouw (HCB) van stichting Bouwkwaliiteit. De fabrikanten die dit keurmerk mogen voeren worden regelmatig gecontroleerd, zodat de gebruiker de zekerheid heeft dat de opgegeven prestaties ook daadwerkelijk worden gerealiseerd.

REKENVOORBEELDEN

In NEN-EN-ISO 6946:1997 met als onderwerp "Componenten en elementen van gebouwen – Warmteweerstand en warmtedoorgangscoefficiënt – Bepalingsmethode" is in de normatieve bijlage B de bepalingmethode van de warmteweerstand van ongeventileerde luchtruimten (of luchtspouwen) opgenomen. Deze handberekeningsmethode mag *niet* worden gebruikt voor beglazing. Een voorwaarde is, dat de lengte en breedte minimaal 10 maal de dikte van de spouw is.

DE (HAND)BEREKENINGSMETHODE

De warmteweerstand van een luchtlaag wordt gegeven door:

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

Waarin:

R_g is de warmteweerstand van de luchtruimte;
 h_a is de geleidings/convectiecoëfficiënt;
 h_r is de stralingscoëfficiënt.

h_a is voor een horizontale warmtestroom (dus verticale luchtlaag) de grootste van $1,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ en $0,025/d \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

waarin d de dikte van de luchtruimte is (in de richting van de warmtestroom).

h_r wordt gegeven door:

$$h_r = E h_{r0}$$

waarin:

E is de resulterende emissiefactor tussen de oppervlakken;
 h_{r0} is de stralingscoëfficiënt voor een oppervlak van de zwarte straler;

en

$$E = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$$

waarin $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ de globale emissiefactoren voorstellen van de oppervlakken die de luchtruimte begrenzen.

De ontwerpwaarde van de emissiefactor moet rekening houden met effecten van dof worden in de loop van de tijd (door vervuiling en/of corrosie).

Rekenvoorbeeld 1

Niet geventileerde spouw met een dikte van 40 mm.

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

Stap 1:

$h_a = 1,25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ of $0,025/0,04 \text{ (d)} = 0,625 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
 dus $1,25 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

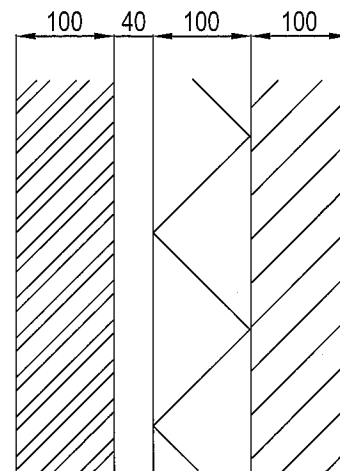
Stap 2:

$$h_r = E \cdot h_{r0}$$

Gekozen emissiefactoren metselwerk = 0,94

Isolatiemateriaal = 0,90

(Bron: SBR 9)



$\varepsilon_1 = 0,94$

$\varepsilon_2 = 0,9$ (opp. isolatiemateriaal)

$\varepsilon_3 = 0,1$ (reflecterende folie)

A. reken eerst de resulterende emissiefactor uit:

$$E = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$$

$$E = \frac{1}{1/0,94 + 1/0,94 - 1}$$

$$E = \frac{1}{1,17} = 0,85$$

B. $h_r = 0,85 \times 5,1^* = 4,335 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ (*bij 10^0C)

Stap 3:

$$R_g = \frac{1}{1,25 + 4,335} = 0,18 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$$

(voor de R_m van de niet geventileerde spouw wordt in NEN 1068 deze waarde aangehouden)

Voeg nu een reflecterende folie toe aan het oppervlak van de isolatie, als emissiefactor wordt in verband met veroudering en verontreiniging een veilige waarde van $\epsilon = 0,1$ aangehouden.

$$E \text{ wordt dan: } \frac{1}{1/0,94 + 1/0,94 - 1} = 0,1$$

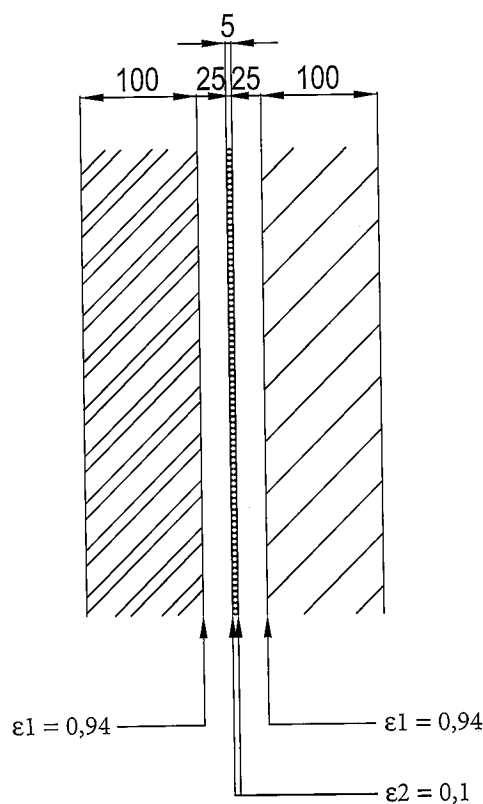
$$h_r = 0,1 \times 5,1 = 0,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_g = \frac{1}{1,25 + 0,51} = 0,57 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

de verbetering (ΔR) is dan ca. $0,57 - 0,18 = 0,39 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Dit is ook de ΔR -waarde die in de attesten van de leveranciers is opgenomen.

Rekenvoorbeeld 2



Stap 2:

$$A. E = \frac{1}{1/0,94 + 1/0,10 - 1} = 0,1$$

$$B. h_r = 0,51$$

Stap 3:

$$R_g = \frac{1}{1,25 + 0,51} = 0,57 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Er is sprake van twee *niet* geventileerde spouwen, dus $2 \times 0,57 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} = 1,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

De luchtkussenfolie heeft een R van ca $\frac{0,005}{0,025} = 0,2^*$

dus de totale weerstand R is $1,14 + 0,2 = 1,34 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.
(*aangehouden is lucht met een λ van $0,025 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$).

Opmerking bij de berekeningen:

De invloed van de bevestigings moet op dezelfde manier worden berekend als bij isolatiemateriaal.

LITERATUUR

- NPL-rapport: PP3, E04060280 (lab.proef)
(NPL: National Physics Laboratory).
- BR 443-2006 - concept (BR: Building Regulations Engeland & Wales).
- BRE Scotland - The thermal performance of multifoil insulation (in-site proof) (BRE: Building Research Establishment Ltd).
- Tammes & Vos - warmte en vochttransport in constructies - 1984
- WTCB - rapport DE 632XA777
(WTCB: Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor Bouwbedrijf - België).