

WSA

Leerstoel voor warmte- en stofoverdracht
Rheinisch-Westfälische technische hogeschool Aken
Professor Dr.-Ing. R. Kneer

Berekeningen bij de warmteoverdracht door straling bij gebruik van de composiet Thermische isolatiedeken "Aluphonic®".

Expertise in opdracht van fa. Aluthermo SA, Burg Reuland, België

Bewerking: Dr.-Ing. B. Hillemacher
Aken, 14 april 2008

1. Inleiding

De kwaliteit van de thermische isolatie van bouwlichamen is vandaag de dag een criterium dat meer en meer aan belang wint bij de kwalitatieve beoordeling van de vaktechnische bouwuitvoering van gebouwen. In overeenstemming met de verschillende vereisten aan specifieke, vaak door het gebouw bepaalde gegevens wordt de huidige marktsituatie gekenmerkt door een veelheid aan verschillende thermische isolatiematerialen, zowel voor nieuwbouw als voor renovatie.

Nieuwe concepten bij de isolering van bouwwerken maken daarbij gebruik van de stralingsreflectie van sterk weerkaatsende oppervlakken van de meestal speciaal beklede thermische isolatiematerialen. Hierdoor ontstaat er een verminderde warmtedoorgang in de omhulling van het gebouw, die enerzijds tijdens de zomer zorgt voor een geringere warmteoverdracht naar binnen in het bouwlichaam, anderzijds tijdens de koude wintermaanden ook een verlaagd warmteverlies van het gebouw tot gevolg heeft, en die aldus een belangrijke bijdrage tot energiebesparing levert.

2. Beschrijving van de probleemstelling

Een dergelijk thermisch isolatiemateriaal met aan beide zijden een sterk reflecterend oppervlak wordt in het kader van onderhavige expertise door middel van berekeningen bij de warmteoverdracht onderzocht. Voorwerp van de onderzoeken is hierbij het thermisch isolatiemateriaal met de benaming "Aluphonic®". Fabrikant van dit thermisch isolatiemateriaal is de fa. Aluthermo SA, Burg Reuland, België

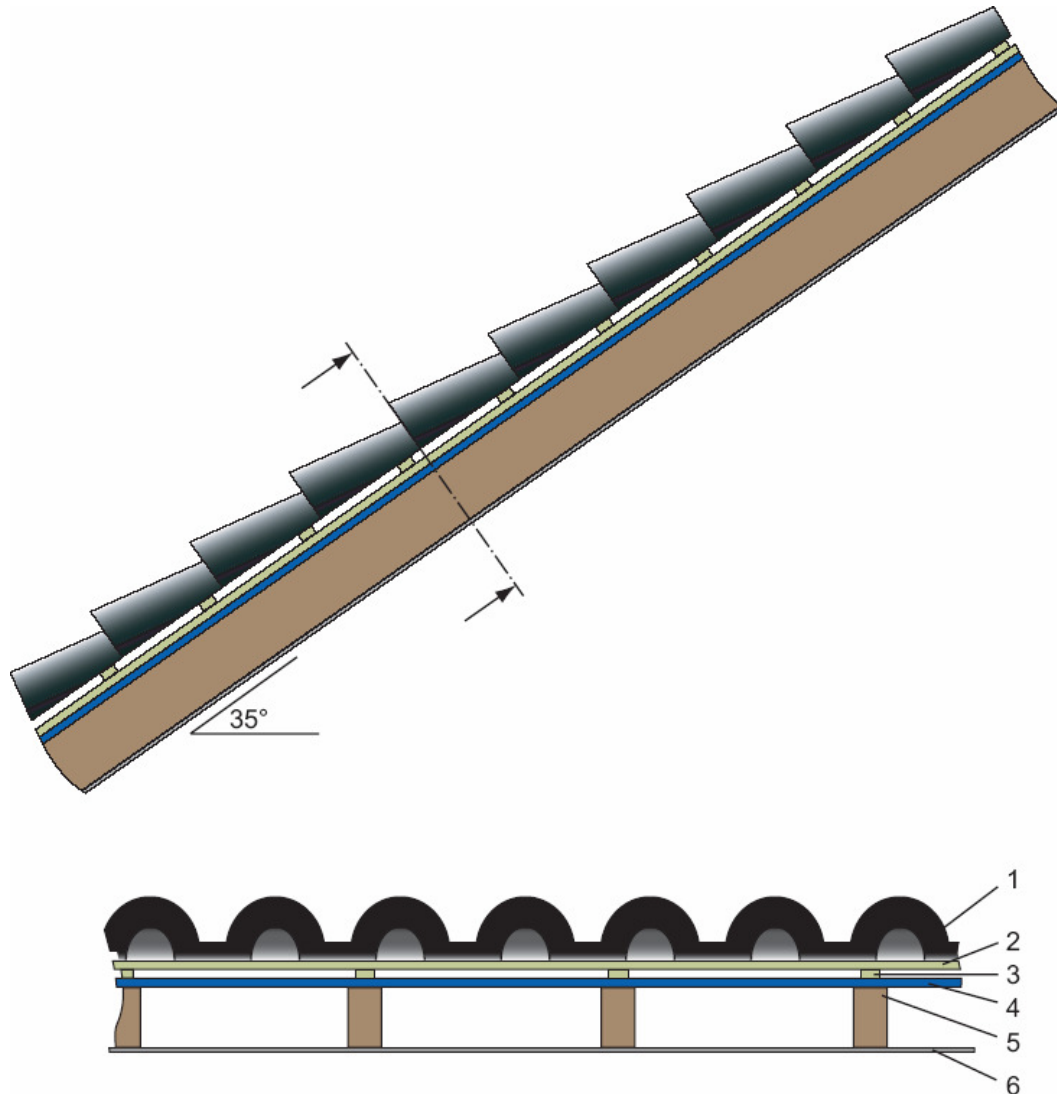
De composiet thermische isolatiedeken, waarvoor hier de berekeningen werden doorgevoerd, "Aluphonic®" bestaat in haar geheel uit vijf lagen met in totaal zeven verschillende materiaalsamenstellingen. Rondom de kernlaag, die bestaat uit een 3 mm dik polyethyleen(PE) schuim (specifiek gewicht 25 g/m^3 is aan beide zijde een PE luchtkussenfolie (diameter luchtkamer 10 mm, hoogte ca. 4 mm) aangebracht. Dit binnenste lagenpakket wordt omhuld door een aluminiumfolie, die aan de beide buitenzijden bekleed is met nitrocelluloselak (laagdikte ca. $30\mu\text{m}$).

Volgens de kengetallen van de opdrachtgever diende er voor de emissiecoëfficiënt van de buitenste oppervlakken van de composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic®" in de hier uitgevoerde berekeningen rekening gehouden te worden met een waarde van 0,14.

Voor de weerstand tegen warmtedoorgang wordt door de opdrachtgever een waarde van $R = 0,171 \text{ m}^2\text{K/W}$ aangegeven, de totale dikte van de composiet isolatiedeken "Aluphonic®" bedraagt 10 mm.

In onderstaande afbeelding 1 is een typische inbouwsituatie voor een dergelijk thermisch isolatiemateriaal weergegeven, waarbij de composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic®" rechtstreeks op de spanten van een dakconstructie aangebracht wordt.

In de afbeelding is de dakvorm van een zadel-/geveldak met een helling van 35° in zijaanzicht alsook in doorsnede weergegeven. De composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®" (4) is in banen parallel aan de richting van de dakgoot aangebracht en met tengels (3) op de spanten (5) bevestigd. Op de tengels bevindt zich het latwerk (2) dat in passende afstanden volgens de vereisten van de dakbedekking aangebracht is en waarop de uiteindelijke dakbedekking (1), bijv. betonnen dakstenen of dakpannen, gelegd wordt. Zoals het tegenwoordig vaak bij dakconstructies het geval is, is aan de binnenzijde van het gebouw onder de spanten een bekleding uit gipskartonplaten (6) aangebracht.



Afb. 1: Typische inbouwsituatie voor de composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®" in een schuin dak, helling 35° , weergegeven in zijaanzicht en in doorsnede.

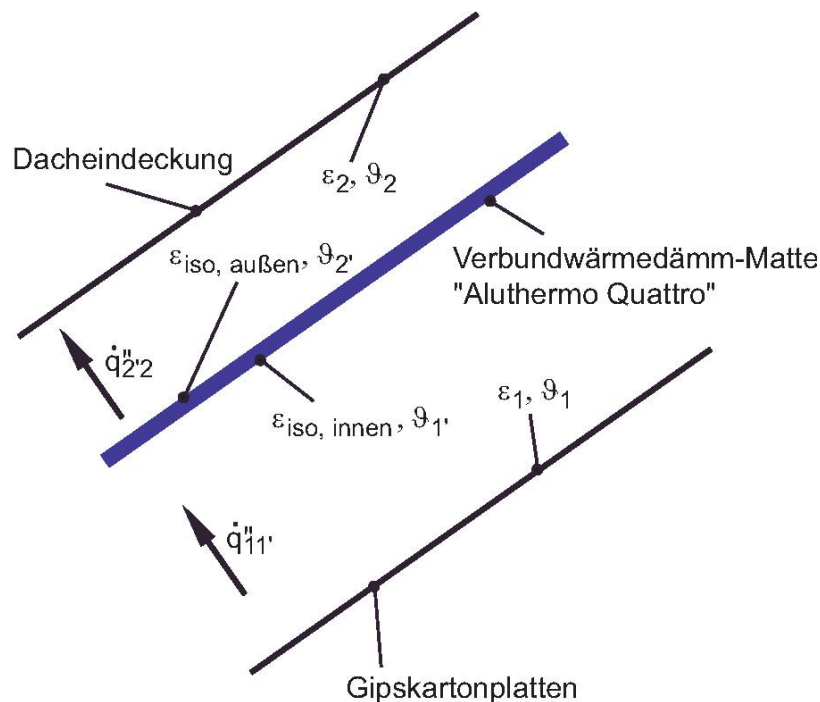
- 1: geventileerde dakbedekking, bijv. betonnen dakstenen of dakpannen
- 2: latwerk
- 3: tengels
- 4: composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®"
- 5: dakspanten
- 6: gipskartonplaten

In het kader van onderhavige expertise dient te worden onderzocht in hoeverre de overdracht van stralingswarmte tussen de begrenzendende vlakken (gipskartonplaten aan de binnenzijde en dakbedekking aan de buitenzijde) door de toepassing van de composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®" beïnvloed wordt, en in het bijzonder welke meetwaarde er verkregen wordt voor de totale warmteweerstand tussen gipskartonplaten en dakbedekking bij het in acht nemen van bepaalde randvoorwaarden.

3. Berekeningsgrondslagen

Voor de anschouwelijke beschrijving van de warmteoverdracht door straling in het hierboven voorgestelde inbouwvoorbeeld voor de composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®" dient de principeschets weergegeven in afbeelding 2, waarin de onderhavige probleemstelling in vereenvoudigde vorm wordt weergegeven.

Tussen twee parallelle, zich eindeloos uitstrekkende platte vlakken (binnen gipskartonplaten, buiten dakbedekking) met verschillende temperaturen is de planparallelle composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®" zo aangebracht, dat er tussen de composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®" en elk van de er naar toe gekeerde oppervlakken van de gipskartonplaten of de dakbedekking een stralingsuitwisseling plaatsvindt.



Dakbedekking

buiten

Composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®"

binnen

Gipskartonplatten

afb. 2: principeschets van onderhavige probleemstelling

De oppervlaktetemperaturen van de gipskartonplaten en de dakbedekking met de binnenzijdige gericht naar de composiet isolatiedeken " Aluphonic ®" gericht emissiecoëfficiënten ε_1 en ε_2 bedragen $()_1$ en $()_2$.

Aan de berekeningen ligt een vooraf opgegeven uniforme temperatuur van de gipskartonplaten – overeenkomstig een hiermee corresponderende, hoger liggende kamertemperatuur (afhankelijk van de aanwezige muuropbouw) – van $()_1 = 20^\circ\text{C}$ ten grondslag. Wat betreft de aangenomen "buiten"-temperatuur $()_2$ op het binnenste oppervlak van de dakbedekking, wordt voor onderhavige berekeningen van een meetwaarde $()_2 = -20^\circ\text{C}$ uitgegaan.

Voor de emissiecoëfficiënt van de gipskartonplaten wordt in de berekeningen een meetwaarde van $\varepsilon_1 = 0,9$ aangenomen.

De emissiecoëfficiënt van het binnenste oppervlak van de dakbedekking, dat naar de composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®" gericht is, varieert naargelang het gebruikte materiaal (betonnen dakstenen, dakpannen, dakpapier of volledige houten beplanking) tussen 0,90 tot 0,94. Aan de berekeningen ligt een conservatieve naar boven afgeronde meetwaarde van $\varepsilon_2 = 0,94$ ten grondslag.

De composiet thermische isolatiedeken "Aluphonic ®" wordt gekenmerkt door de weerstand tegen warmtedoorgang $R_{\text{iso}} = 0,171 \text{ m}^2\text{K/W}$, een emissiecoëfficiënt van de buitenste oppervlakte $\varepsilon_{\text{iso}} = 0,14$, alsook de dikte $\delta_{\text{iso}} = 10 \text{ mm}$.

4. Bepalende vergelijkingen

Overeenkomstig de opgegeven randvoorwaarden zou voor de beide bereiken tussen gipskartonplaten en composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®" of tussen composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®" en dakbedekking aangenomen moeten worden dat de warmteoverdracht op grond van het opgegeven temperatuurverschil uitsluitend door straling plaatsvindt. Voor de netto stralingsuitwisseling tussen twee zich eindeloos uitstrekkende platte vlakken i en j, die kunnen worden beschouwd als "zwarte straler", kan met inachtneming van de wet van Stefan-Boltzmann volgende verhouding afgeleid worden:

$$\dot{q}_{ij}'' = \frac{1}{\left(\frac{1}{\varepsilon_i} + \frac{1}{\varepsilon_j} - 1 \right)} \cdot C_s \cdot \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_j}{100} \right)^4 \right] \quad (1)$$

met de stralingsconstante $C_s = 5,67 \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

Anderzijds geldt bij veronderstelling van eendimensionale warmtegeleiding in een vast lichaam met een dikte δ en een warmtegeleidbaarheid λ voor de aan de vlakken gerelateerde warmtestroom:

$$\dot{q}_{ij}'' = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_j) \quad (2)$$

met de warmtegeleidingweerstand:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (3)$$

Voor het bepalen van de onbekende warmteweerstand R_{ij} van de telkens beschouwde zone hetzij van de totale weerstand R_{ges} tussen de gipskartonplaten en de dakbedekking worden de door de warmtestraling hetzij door de warmtegeleiding (enkel binnen het isolatiemateriaal) in de betreffende zones overgedragen warmtestromen overeenkomstig de vergelijkingen (1) en (2) gelijkgesteld. Met een indicering overeenkomstig afbeelding 2, worden volgende vergelijkingen verkregen:

$$\dot{q}_{11'}'' = \dot{q}_{1'2'}'' \quad (4)$$

$$\dot{q}_{1'2'}'' = \dot{q}_{2'2}'' \quad (5)$$

Overeenkomstig de bovenvermelde bepalende vergelijkingen (1) of (2) kunnen voor het vergelijkingssysteem (4) en (5) eerst iteratief de onbekende temperaturen $(\vartheta)_{1'}$ en $(\vartheta)_{2'}$ berekend worden. Uit een aan de warmtegeleidingweerstand equivalente opzetting voor de warmtestralingweerstand

$$\dot{q}_{11'}'' = \frac{1}{R_{11'}} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_{1'}) \quad (6)$$

$$\dot{q}_{2'2}'' = \frac{1}{R_{2'2}} \cdot (\vartheta_{2'} - \vartheta_2) \quad (7)$$

kunnen de warmteweerstanden $R_{11'}$, $R_{1'2'}$ en $R_{2'2}$ berekend worden. De totale weerstand R_{ges} , betrokken op het drijvende temperatuurpotentiaal $((\vartheta)1 - (\vartheta)2)$, verkrijgt men dan door:

$$R_{tot} = R_{12} = R_{11'} + R_{1'2'} + R_{2'2} \quad (8)$$

Een eveneens op het drijvende temperatuurpotentiaal $((\vartheta)1 - (\vartheta)2)$ betrokken, en aan de warmtestraling equivalente warmteoverdrachtscoëfficiënt u_{12} , verkrijgt men tenslotte uit:

$$u_{12} = \frac{1}{R_{12}} \quad (9)$$

4. Resultaten

De berekende resultaten vindt u in onderstaande tabel 1:

Parameter	Composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®"
Temperatuur (t_1) [°C], opgegeven	20
Temperatuur (t_1') [°C]	3,15
Temperatuur (t_2') [°C]	1,07
Temperatuur (t_2) [°C], opgegeven	-20
Totale warmteweerstand R_{12} [m²K/W]	3,29
Equivalent warmteoverdrachtscoëfficiënt u_{12} [W/m²K]	0,304

Tabel 1: opgegeven data en berekende resultaten voor de composiet thermische isolatiedeken " Aluphonic ®"

Voor beëdigde Vertaling,
Elsenborn, 25.04.2008
Gabriele Küches
Kupferstrasse 45
B – 4750 ELSNBORN
Beëdigde Vertaalster door besluit van de
Rechtbank van eerste Aanlag te Verviers d.d. 7.12.1997