



## FEITENBLAD N° 10

### Efficiënte isolatie – de sleutel tot effectieve warmte-isolering in de zomer

#### Samenvatting en toelichtingen

Vanwege het veranderende klimaat is oververhitting van de zolder in de zomer een steeds groter probleem, ook in Midden- en Noord-Europa. Omdat er enkele algemene misverstanden zijn met betrekking tot de invloed van thermische isolatie op de temperaturen in huis, heeft de Federation of European Rigid Polyurethane Foam Associations (BING) FIW München opdracht gegeven om dit onderwerp wetenschappelijk te onderzoeken.

Het energierendement en temperaturomstandigheden in woongebouwen hangt hoofdzakelijk af van de zonwering, de warmte-isolering op de externe bouwelementen, en de ventilatie. De warmteopslagcapaciteit van de isolatielagen speelt een verwaarloosbare rol [1]. Uit praktijktests blijkt duidelijk dat de thermische weerstand van de isolatielaag een veel grotere invloed heeft op het kamerklimaat in de zomer dan de thermische massa van het isolatiemateriaal. Met betrekking tot de andere factoren die van invloed zijn (ramen, zonwering, ventilatie, effectieve thermische massa in de ruimte, staat van de warmte-isolering etc.), is de warmteopslagcapaciteit van het isolatiemateriaal van secundair belang.

Ondanks de vereenvoudigde opzet van het experiment kunnen de bevindingen worden toegepast op echte gebouwen. Thermische isolatieplaten van polyurethaan bieden een veel betere warmte-isolering dan houtvezelplaten van dezelfde dikte. Dit geldt zowel voor de warme als de koude maanden van het jaar. Bekleding met een hoog reflectievermogen en een laag stralingsvermogen op de kern van het polyurethaanschuim kan ertoe bijdragen dat de luchttemperatuur binnenshuis lager blijft en er in de zomer minder energie nodig is voor het afkoelen met behulp van airconditioningssystemen.

Er bestaan geen “zomerisolatiematerialen”. Isolatiematerialen moeten juist even goed presteren in de zomer als de winter. Zeer efficiënte, thermische isolatiematerialen, zoals polyurethaan, leveren optimale warmte-isolering voor een comfortabele leefomgeving en een minimaal energieverbruik.

## Inleiding

Thermische isolatiematerialen worden in gebouwen aangebracht om de warmteoverdracht van de warme zijde naar de koude zijde te beperken, zowel in de zomer als in de winter. Het enige verschil is dat de warmtegeleiding in de warmere maanden van buiten naar binnen gaat, en in de koudere maanden van binnen naar buiten. Hoogwaardige isolatiematerialen met een uiterst lage thermische geleidbaarheid zijn hierin bijzonder effectief. Wat dit betreft zijn de experts het met elkaar eens.

Wanneer dit onderwerp wordt aangesneden in de pers, dan wordt steeds weer geclaimd dat isolatiematerialen met een grotere massa en warmteopslagcapaciteit gunstiger zijn in de warme zomermaanden. Zijn er isolatiematerialen die 's zomers beter presteren dan 's winters?

## Warmteopslag of warmte-isolatie?

Het doel van warmte-isolering in gebouwen in de zomer is om de binnentemperatuur op een comfortabel niveau te houden. Naast de warmte die wordt uitgestraald door elektrische apparaten en personen, is het essentieel om de opgenomen warmte te beperken van directe zonnestraling, ventilatie en thermische transmissie (muren en plafonds en vloeren). Ramen zonder zonwering hebben de grootste invloed op de temperaturomstandigheden in zomer [2].

Om het effect van thermische massa in gebouwen te begrijpen, is het belangrijk om zich te realiseren dat de temperatuur van de lucht en de bouwelementen aanzienlijk schommelt in de loop van de dag. Dit is ook constant van invloed op de intensiteit en de richting van warmtegeleiding [3]. Bouwelementen absorberen warmte in de middag en stralen het 's nachts uit. De opslag en emissie van warmte door bouwelementen vult de temperatuurpieken in het gebouw uit. Zware constructies reageren over het algemeen langzamer op schommelingen van de buitentemperatuur dan lichte constructies. Dit hangt niet uitsluitend af van de warmtecapaciteit van de bouwelementen, maar ook van de positie en de doeltreffendheid van de thermische massa's. Bouwlagen die rechtstreeks in contact staan met de binnenlucht en beschikken over een hoge warmteopslagcapaciteit en die een goede warmtegeleider zijn, fungeren als warmtebuffers. Effectief zijn met name massieve, niet geïsoleerde binnenmuren, plafonds en vloeren met flagstones of betegelde oppervlakken die warmte van de binnenlucht midden op de dag absorberen en dus de kamer afkoelen. In de nacht en de vroege ochtenduren, koelt de buffer af: de bouwelementen geven de warmte af die ze overdag hebben geabsorbeerd.

Door de lage thermische geleidbaarheid en de lage massa (vergeleken met massieve bouwelementen) zijn thermische isolatiematerialen niet goed in het opslaan van warmte. Hun taak is immers het isoleren en niet het accumuleren van warmte-energie. Niemand zou op het idee komen om een boiler of koelkast van hout te maken (hoge warmteopslagcapaciteit). Een gebouw met een optimale warmte-isolering in de zomer en de winter moet beschikken over een zeer goede thermische isolatie aan de buitenzijde om de warmte die wordt opgenomen door thermische transmissie te minimaliseren. Binnenin zijn thermische massa's, zoals massieve muren, plafonds en vloeren een voordeel.

De claim dat sommige producten, zoals isolatiemateriaal van houtvezels, tegelijkertijd als isolator en warmteopslag dienst doen, is misleidend. In feite is houtvezelisolatie voor geen van beide doeleinden optimaal geschikt: ten eerste draagt houtvezelisolatie met een thermische geleidbaarheid van  $\lambda = 0,048 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  tweemaal zoveel warmte

over als bijvoorbeeld een kwalitatief hoogwaardig isolatieproduct van polyurethaan met een thermische geleidbaarheid van  $\lambda = 0.024 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Ten tweede zijn isolatiematerialen van houtvezel bij lange na niet zo goed in het opslaan van warmte als massieve bouwelementen, zoals steen of beton.

In gebouwen zijn thermische isolatie en warmteopslag aanvullende factoren en die samen moeten worden bekeken. In het ideale geval is de externe thermische isolatie (bijvoorbeeld in daken en op de dakspanten) zodanig geïnstalleerd dat de bouwlagen aan de binnenzijde een hogere warmteopslagcapaciteit en thermische geleidbaarheid hebben. Zware isolatiematerialen met gemiddelde isolatie-eigenschappen die weinig warmte kunnen opslaan, worden niet aanbevolen.

### **Welk effect hebben de amplitudeverhouding en faseverschuivingen van de temperatuur op warmte-isolering in de zomer?**

In de loop van de dag schommelt de buitentemperatuur tussen een maximumwaarde in de middag en een minimumwaarde in de vroege ochtenduren. De binnenluchttemperatuur is een weerspiegeling van de buitentemperatuur na een zekere vertraging in de tijd. Deze vertraging wordt “faseverschuiving” genoemd. In massieve (zware) gebouwen met een grote thermische massa, is deze vertraging tussen de maximum buitentemperatuur en de binnentemperatuur groter dan in lichte gebouwen, omdat de warmte wordt opgeslagen in de bouwelementen.

De amplitudeverhouding (TAR) en de faseverschuiving ( $\varphi$ ) van de temperatuur worden soms aangegeven op afzonderlijke bouwelementen of lagen van bouwelementen. TAR en  $\varphi$  beschrijven het theoretische verband in de tijd tussen de temperaturen van de buitentemperatuur en binnenoppervlakken. Het is belangrijk op te merken dat deze puur theoretische waarden zijn berekend op basis van randvoorwaarden die zich niet voordoen in echte gebouwen en die dus niet empirisch kunnen worden gecontroleerd.

In echte gebouwen heeft de faseverschuiving geen invloed op de warmte-isolering. Het geeft eenvoudig aan hoeveel tijd een temperatuurgolf nodig heeft om van de buitenzijde naar de binnenzijde te gaan. Van groter belang is de temperatuur die feitelijk wordt bereikt in de binnenzijde, d.w.z. hoeveel warmte er op het binnenoppervlak komt – en dit hangt op doorslaggevende wijze af van de efficiëntie van de thermische isolatie.

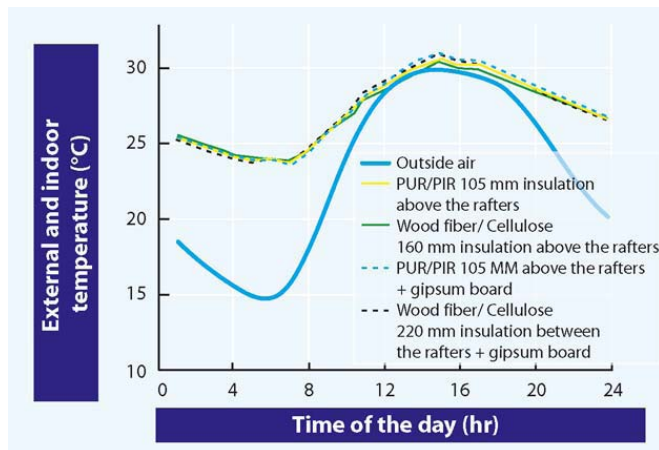
De relatie is vrij eenvoudig aantoonbaar: dankzij de lage thermische opslagcapaciteit heeft een slaapzak slechts een kleine faseverschuiving, maar houdt je toch lekker warm in een koude nacht. Water, daarentegen, kan veel warmte opslaan, maar niemand peinst erover om de nacht door te brengen in een badkuip.

### **Computersimulaties tonen aan dat de warmteopslagcapaciteit in isolatiematerialen irrelevant is**

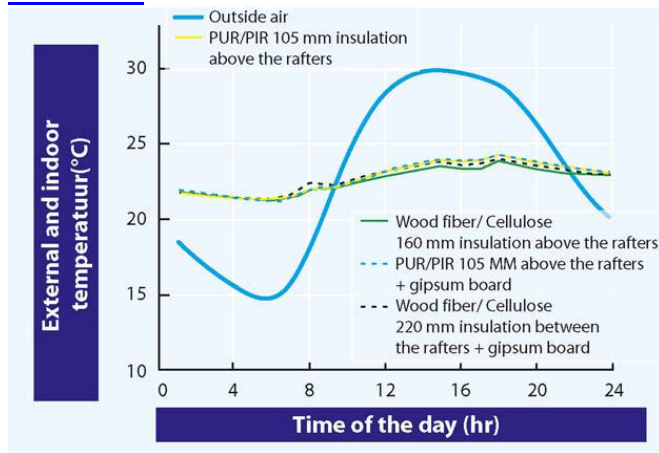
Met behulp van thermische computersimulaties kunnen we met een hoge graad van nauwkeurigheid de schommelingen voorspellen van de binnentemperatuur gedurende een zomerdag. De simulatietechniek stelt ons in staat om verschillende bouwontwerpen met dezelfde randvoorwaarden in een bepaald gebouw te vergelijken. De observaties zijn altijd specifiek voor het afzonderlijke geval: de resultaten zijn dus alleen geldig voor het geselecteerde bouwmodel. Simulatieberekeningen zijn in de regel informatiever dan tests. Bij experimenten spelen onbedoelde randvoorwaarden vaak een grotere rol dan de te meten effecten.

Welke factoren de grootste invloed hebben hangt grotendeels af van het type gebouw dat wordt onderzocht en de bijbehorende randvoorwaarden. In de zomer worden gebouwen met een houten frame sneller warm dan massieve (zware) constructies, mits er zich geen thermisch actieve materialen binnenin bevinden. In dit type constructies hebben massieve vloeren of kelderplafonds ook een grotere invloed op de binnentemperatuur dan de warmteopslagcapaciteit van het isolatiemateriaal. Een thermische computersimulatie uitgevoerd door het *Fraunhoferinstitut für Bauphysik* toont aan dat de verschillende warmteopslagcapaciteiten van de isolatiematerialen op de begane grond van een houten huis van secundair belang zijn door het thermische effect van de betonvloer [4].

Uit de resultaten van een simulatie op een zadeldak waarbij verschillende isolatiematerialen met identieke thermische transmissiecoëfficiënten zijn gebruikt, blijkt dat verschillen in de warmteopslagcapaciteiten van de isolatiematerialen verwaarloosbaar zijn als de thermische transmissiecoëfficiënt gelijk is. De temperaturen binnenshuis verschilt maximaal 0,6 K [2]. Het is belangrijk op te merken dat isolatiematerialen met een slechtere thermische geleidbaarheid in dikkere lagen moet worden aangebracht om een equivalente thermische transmissiecoëfficiënt te bereiken.



Schema 1



Schema 2

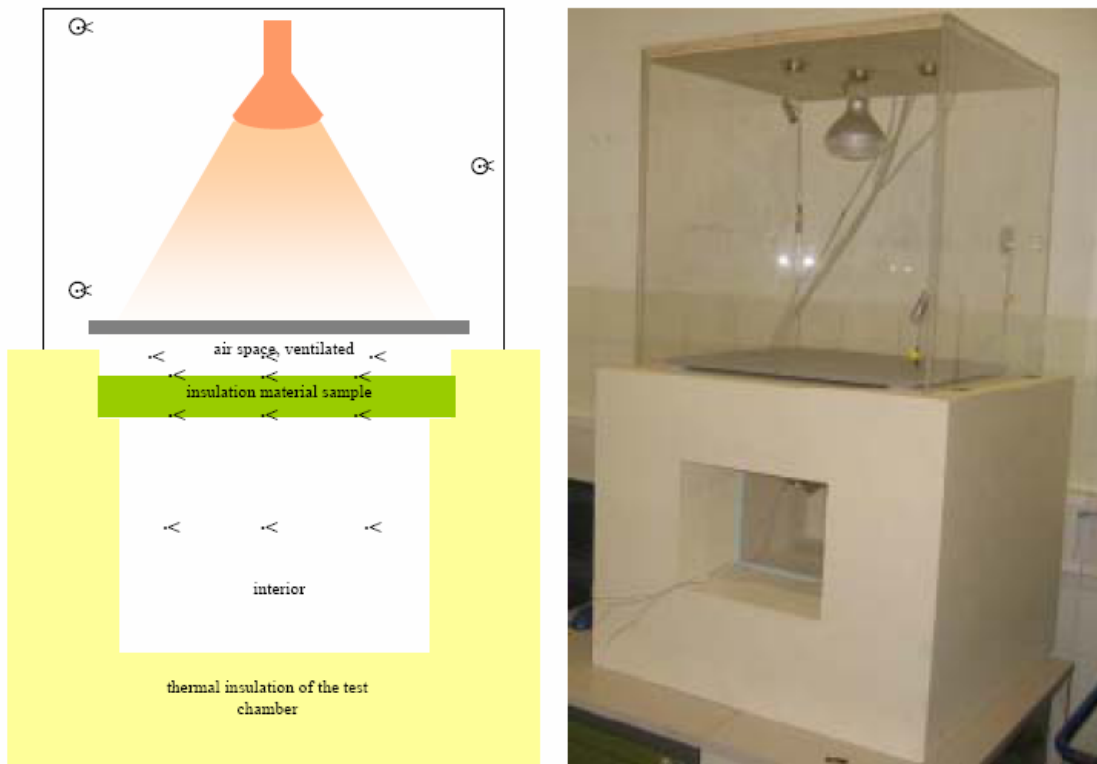
## Gedrag zomertemperatuur in het model

Soms krijgen bezoekers aan beurzen en reclame-evenementen een eenvoudige demonstratie te zien die is bedoeld ter ondersteuning van de theorie “warmteopslag is beter dan isolatie”. Deze bevat echter alarmerende conceptuele en constructieve fouten [5]. De specimens bestaan uit verschillende 40 mm dikke isolatieplaten die in kratten zijn geplaatst en worden verwarmd met behulp van infraroodlampen. Over het algemeen duurt de test tussen 10 en 20 minuten. Gedurende deze tijd nemen sensoren de temperatuurwijzigingen op aan de onderkant van de bovenste isolatieplaat.

De resultaten van de demonstratie kunnen echter niet worden toegepast op echte gebouwen. Bovenaan de lijst van technische fouten staat het feit dat de luchttemperatuur in de kratten niet uniform is. De isolatiematerialen hebben geen identieke bekleding, zodat de verschillende reflectie-eigenschappen leiden tot verschillende temperaturen op het bovenoppervlak. Sommige isolatiematerialen zijn lichtdoorlatend, waardoor de temperatuursensoren zich rechtstreeks in het licht bevinden en dus worden verwarmd. De warmteverspreiding naar de zij- en onderkanten is niet beheerst. De korte testduur benadrukt de korte termijneffecten [5] en is geen weerspiegeling van de temperatuurcurve gedurende de hele dag.

De eenvoudige demonstratie en de korte testduur voldoen dus niet aan de eisen van een wetenschappelijk experiment.

Gezien de inherente fouten in dit experiment heeft de FIW in München een modelproef ontwikkeld die identieke randvoorwaarden garandeert voor elk specimen. Dan is het mogelijk om stellingen af te leiden over het gedrag van isolatiematerialen in gebouwen.

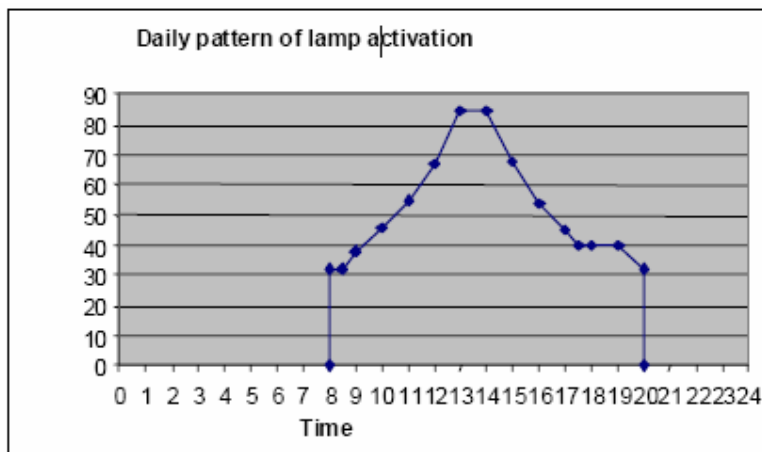


Het door FIW in München ontwikkelde proefontwerp bevat geen vermeldenswaardige thermische massa in de binnenzijde en heeft geen transparante bouwelementen aan de bestraalde zijde. De zwaar geïsoleerde proefkamer is zodanig ontworpen dat er geen warmte van de omgeving wordt opgenomen of verloren gaat. Er is gebruik gemaakt van een specimen met een standaard dikte van 40 mm om het risico van meetfouten te minimaliseren die zouden kunnen ontstaan door de aanzienlijke temperatuurverhoging in de binnenzijde. Deze isolatiedikte maakt ook een betrouwbare meting mogelijk van het nachtelijke afkoelingsproces. De testduur bedraagt 24 uur. Gedurende deze tijd wordt de stralingsintensiteit van de infraroodlamp geregeld in overeenstemming met het dagpatroon (schema 5).

**Activeringsperiode in % (100% = altijd aan; 0% = altijd uit)**

**Dagelijks activeringspatroon van de lamp**

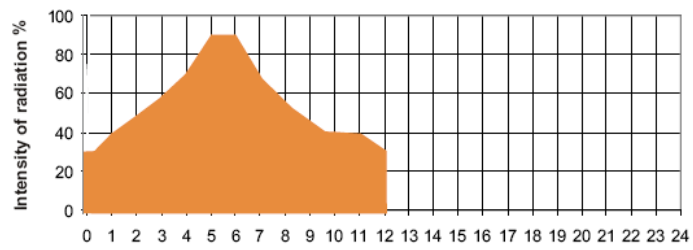
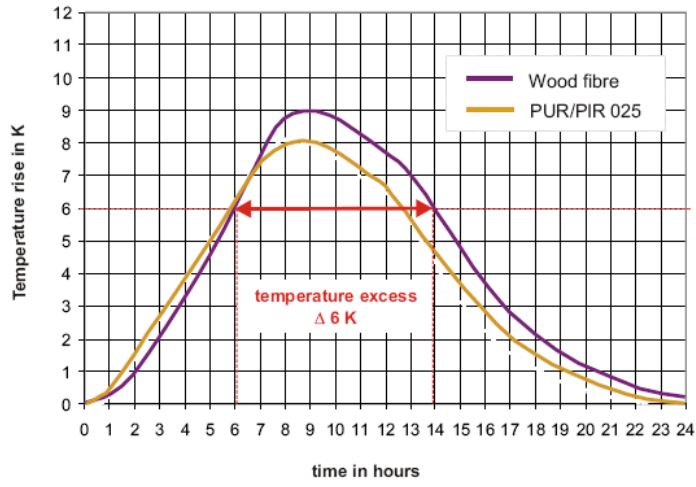
**Tijd**



Schema 5

Een vergelijking van de binnentemperatuurcurves laat een eerste vertraging zien in de temperatuurverhoging bij het monster van houtvezel door de hogere thermische massa (schema 6). Als de test verdergaat, wordt dit effect gecompenseerd door de lagere thermische weerstand en na ca. 6 uur benaderen de temperatuurcurves elkaar. Vervolgens stijgt de temperatuur van de houtvezel sterker. De maximumtemperatuur voor polyurethaan is 1 Kelvin lager.

Temperature curve  
insulation boards 40 mm



Schema 6

Hoe we subjectief warmte waarnemen hangt echter niet alleen af van de bereikte maximumtemperatuur, maar ook van de tijdsduur dat een bepaalde temperatdrempel wordt overschreden. In Midden-Europa vinden we binnentemperaturen van meer dan 26 °C niet meer comfortabel. Daarom is een temperatuurverhoging van 6 Kelvin genomen als drempelwaarde voor de proef. In geval van polyurethaan is de tijdsduur dat de temperatuur de grens van 6 Kelvin overschrijdt 1,2 uur korter.

De hogere thermische massa van houtvezel vertraagt niet alleen het verwarmingseffect, maar zorgt ook voor een duidelijke vertraging in de afkoeling van de binnenlucht; met andere woorden het blijft langer onaangenaam warm.

### **Bibliografie**

- [1] Wolfgang Feist: Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen?, Hrg. Passivhausinstitut, Fachinformation PHI 2000/4
- [2] Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V. (Hg.): Sommerlicher Wärmeschutz, 2004
- [3] Martin H. Spitzner und Christoph Sprengard: Summer indoor climate in attics: comparative tests on insulation materials taking into account instationary effects in a model test, Untersuchungsbericht, 2006
- [4] Gerd Hauser: Holzfaserdämmplatten – Dämmstoffe als Wärmespeicher in Isoliertechnik, 6-2006, pp. 38 – 44
- [5] Martin H. Spitzner und Christoph Sprengard: Durchführung eines Experimentes zur Oberflächen und Tiefenerwärmung verschiedener Dämm- und Baustoffe durch Bestrahlung mit einer Infrarotlampe, Untersuchungsbericht, 2004



**BING**  
Av. E. Van Nieuwenhuysse 6  
B - 1160 Brussel  
secretariat@bing-europe.com  
Telefoon: +32 2 676 73 52  
Fax: +32 2 676 74 79  
www.bing.org

Voor zover onze kennis reikt is de informatie in deze publicatie juist en accuraat, maar we kunnen geen garantie bieden voor eventuele aanbevelingen of suggesties, omdat wij geen controle hebben over de gebruiksomstandigheden en de samenstelling van de bronmaterialen. Verder mag niets in deze uitgave worden opgevat als een aanbeveling voor het gebruik van producten die in strijd zijn met bestaande patenten voor enig materiaal of het gebruik ervan.

Oktober 2007