

Paul Eykens
isoproC
erkend lid van **VIBE**



GOED ISOLEREN

BUITEN BESCHERMEN, BINNEN AFDICHTEN

0) **Inleiding**

Of isolatie nu bestaat uit cellulosevlokken- of platen, kurk, vlas, natuurlijke of minerale wol of een ander isolatiemateriaal, de werking ervan is steeds gebaseerd op de ingesloten lucht (of gas).

Om deze lucht efficiënt te laten isoleren, moet voorkomen worden dat deze kan circuleren. Beweegt de lucht in de poriën of kamers toch, dan gaat de isolerende werking sterk achteruit.

Het is belangrijk te weten dat de warmtegeleidingscoëfficiënt λ van (isolatie)materialen in luchtdichte omstandigheden wordt gemeten. Wanneer op basis van aldus gemeten λ -waarden van materialen de warmtedoorgangcoëfficiënt U van een bepaalde constructie wordt berekend, zal deze U -waarde in de praktijk slechts kunnen worden gerealiseerd mits de beschouwde materialen luchtdicht worden ingebouwd. Daarom is bij een perfecte opbouw het isolatiemateriaal aan alle zijden luchtdicht afgesloten.

In de tekst die volgt wordt de nadruk gelegd op isoleren van daken, omdat dit voor velen de meest herkenbare situatie is. De voorgestelde principes zijn evenwel ook grotendeels toepasbaar op wanden in houtskeletbouw, de ecologisch aangewezen bouwwijze.

1) **De isolatiebeschermlaag**

Een dikke wollen trui volstaat niet. Voorzie aan de buitenzijde ook een goed sluitende jas : de isolatiebeschermlaag. In een dakopbouw bijvoorbeeld wordt de isolatie aan de buitenzijde beschermd door een onderdak.

1.1) **Waterdicht**

Jammer genoeg stelt men zich veelal tevreden met een onderdak dat belet dat vocht van bovenuit binnendringt in de onderliggende dakconstructie. Uiteraard is dit een belangrijke functie van het onderdak, maar daarnaast zijn er nog heel wat andere.

1.2) **Stofdicht**

Zo moet bijvoorbeeld het indringen van stof, dat zich bovenop en in de isolatie zou vastzetten, worden vermeden. Dit stof gaat zich immers nestelen in een zone die in vele opbouwen langere tijd vrij vochtig is, en kan dan een ideale voedingsbodem voor schimmels vormen. Bovendien kan het de isolerende werking verminderen.

1.3) **Winddicht**

Een dikke wollen trui volstaat in ons klimaat over het algemeen om ons bij een wandeling te beschermen tegen koude, voor zover het droog en windstil is. Springen we op de fiets, zullen we, bijna automatisch, een jas aandoen. En wie gaat skiën neemt een jas met ritssluiting. Kortom, we weten allemaal dat we de trui moeten voorzien van een voldoende winddichte laag opdat hij ons zou kunnen beschermen tegen de koude.

Onderzoek aan de K.U.Leuven bevestigde dat constructiemethoden met ongedichte overlappingsen van onderdaken onvoldoende scores op het vlak van winddichtheid, zodat de verwezenlijking van de vooropgestelde thermische kwaliteit in het gedrang kan komen.

Het is duidelijk dat de functies van stof- en winddichtheid pas correct kunnen worden vervuld wanneer er geen luchtcirculatie optreedt tussen isolatie en onderdak. Spouwventilatie heeft een negatieve invloed op de thermische prestaties.

Maar er zijn nog andere redenen waarom het creëren van ventilatie tussen isolatie en onderdak af te raden is.

1.4) Bescherming tegen knaagdieren

Zo zijn nagenoeg alle isolatiematerialen, zowel natuurlijke als minerale en synthetische, gegeerd door knaagdieren, niet als voedsel, wel als nestmateriaal. Laat ons voor hen dan ook geen opendeurdagen organiseren.

1.5) Bescherming tegen insecten

Ook insecten worden best buitengesloten, zodat ze het constructiehout niet kunnen aantasten.

Isoleren van de keperplanken over de volledige hoogte is trouwens één van de voorwaarden om volgens DIN 68 800 onbehandeld hout te mogen toepassen in daktimmerwerk.

nog twee belangrijke redenen om te isoleren over de volledige hoogte van de keperplanken

1)

De beschikbare hoogte van de keperplanken kan beter volledig worden benut voor het aanbrengen van isolatie: in ons klimaat dient, zeker voor daken, gestreefd te worden naar een U-waarde van maximaal $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, wat grosso modo gerealiseerd kan worden met $0,2 \text{ m}$ isolatie met een $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$.

2)

Zeker bij noordelijk georiënteerde dakvlakken, neemt het gevaar voor bouwschade ingevolge condensatie toe naarmate er sterker geventileerd wordt tussen isolatie en onderdak. Het noordelijk dakvlak wordt de ganse winterperiode immers nooit rechtstreeks blootgesteld aan de zon. Nochtans komen in de winter zonnige periodes voor waarbij de buitenlucht relatief sterk wordt opgewarmd. Warme lucht kan relatief veel vocht opnemen: zo bevat lucht bij een temperatuur van 10°C en een relatieve luchtvochtigheid van 80% bijvoorbeeld $7,4 \text{ g/m}^3$. Wanneer deze relatief warme en vochtige lucht wordt aangewend om te ventileren in het noordelijk dakvlak dat zelf koud staat, zal deze afkoelen en een deel van zijn vocht afgeven onder de vorm van condensatie. Lucht met een temperatuur van -5°C is bijvoorbeeld reeds verzadigd bij $3,3 \text{ g/m}^3$. In de gegeven omstandigheden wordt er per m^3 ventilatielucht ruim 4 g vocht afgegeven. Dit blijkt in de praktijk aanleiding te geven tot een vochtigheid van het constructiehout die ruim de 20% overschrijdt. Het is duidelijk dat dit moet vermeden worden wil men op termijn bouwschade vermijden.

1.6) Onderbreken van koudebruggen

Bij een hedendaagse dakconstructie, afgestemd op een U-waarde van maximaal $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, zijn de koudebruggen gevormd door de keperplanken, die 3 tot 4 maal minder goed isoleren dan de tussenin aangebrachte isolatie, verantwoordelijk voor 20 % supplementaire warmteverliezen. In plaats van deze te compenseren door te werken met nog hogere keperplanken en dikkere isolatie, is het meestal voordeliger de koudebrugwerking tegen te gaan door een thermische onderbreking te voorzien met behulp van een tweede isolatielaag. Deze functie kan worden vervuld door de isolatiebeschermlaag, onder de vorm van een isolerend onderdak.

In België worden bij ecologische bouwwijzen de functies van winddichtheid en onderbreking van de koudebruggen sinds een tiental jaar vervuld door de toepassing als onderdak van waterbestendige isolerende houtvezelplaten ($\lambda = \pm 0,05 \text{ W/mK}$) met een dikte van $\pm 20 \text{ mm}$, vierzijdig voorzien van tand- en groefverbinding.

1.7) Geluidsisolatie

In Zwitserland gelden voor woningen vrij strenge geluidsisolatiënormen, zodanig dat binnen een straal van 15 km rond luchthavens of binnen de 5 km van autosnelwegen bovenvermelde halfharde houtvezelplaten worden toegepast om deze normen te halen.

Geluidsisolatie begint immers met het vermijden van spleten en kieren. De spleten zijn uitgesloten door de vierzijdige tand- en groefverbinding. Kieren worden beperkt door de goede aansluiting van de enigszins samendrukbare platen tegen andere constructieëlementen als muurplaat, dakramen enz. Ook hier geldt uiteraard weer dat deze geluidsisolerende functie onmogelijk kan vervuld worden wanneer, na het zorgvuldig beperken van alle aansluitingskieren, tussen isolatie en onderdak ventilatieopeningen worden voorzien.

Daarnaast is er de isolerende werking van de platen zelf: geluidsabsorberend door de poreuze structuur, een relatief hoog gewicht (5 tot 6 kg/m^2) en een geschikte stijfheid.

Tenslotte speelt ook nog enigszins de akoestische ont koppeling tussen dakbedekking (massa) en dakstructuur (opnieuw massa) door de onderdakplaat (veer).

1.8) Dampdoorlatend

In wetenschappelijke kringen is men het er over eens dat in samenhang met isolatie over de volledige hoogte van de keperplanken aan de buitenzijde best een isolatiebeschermlaag met een μd van maximaal 0,1 m wordt toegepast. Met andere woorden: bijzonder dampopen. Ook dit is bijvoorbeeld een voorwaarde om volgens DIN 68 800 voor een daktimmer onbehandeld hout te mogen toepassen.

Een μd van maximaal 0,1 m stemt overeen met een isolerende houtvezelplaat van 20 mm met μ -waarde 5. Voor dergelijke platen wordt in bovenvermelde norm evenwel een uitzondering gemaakt: ook bij een dikte tot 25 mm en dus grotere μd mag men onbehandeld constructiehout gebruiken. De kans op bouwschade ingevolge condensatie is immers bij normale toepassingen onbestaande gezien het enorm vochtbufferend vermogen enerzijds en het feit dat de isolatiebeschermlaag op zich ook isoleert.

2) **Luchtdichting**

Aan de buitenzijde dient de isolatie dus afgedekt te worden door een winddichte isolatiebeschermlaag.

Aan de binnenzijde, zo is gebleken, dient men nog strengere eisen te stellen : er is een luchtdichte laag vereist. Bij daken is het over het algemeen het “dampscherm” dat deze luchtdichtende functie zou moeten vervullen.

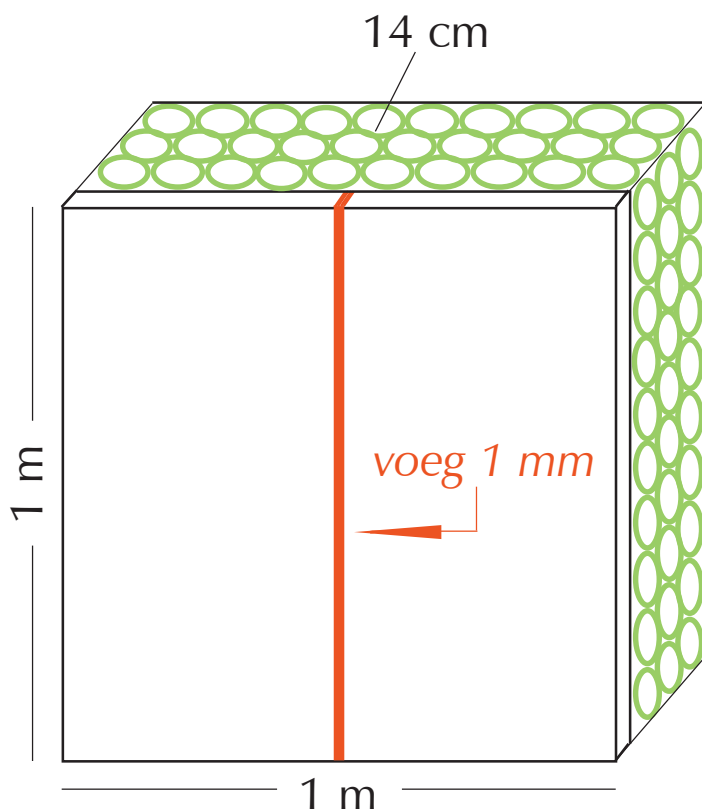
Bij de plaatsing van luchtdichte lagen blijven er meestal lekken :

- onzorgvuldige uitvoering van de overlappings (enkel nieten, doch niet verlijmen)
- slechte aansluiting aan andere constructieelementen (puntgevels, muurplaat, dakvlakramen, schoorstenen, ...)
- doorboringen (leidingen, verluchtingspijpen)

De gevolgen hiervan zijn nefast en situeren zich op heel wat terreinen, waarvan we er enkele bespreken.

2.1) Hogere warmteverliezen

Een voorbeeld : bij een oppervlak voorzien van 14 cm isolatie ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$), heeft een kier van 1 mm in de luchtdichting aan de binnenzijde tot gevolg dat het warmteverlies met een factor 4,8 stijgt en dit bij een genormaliseerd winterklimaat (binnentemperatuur 20°C , buitentemperatuur -10°C) en een laag luchtdrukverschil (20 Pa, wat overeenstemt met 2 tot 3 Beaufort). Met andere woorden: er gaat 3,8 maal zoveel warmte verloren door de kier van 1 mm als door de resterende 999 mm samen. Gevolg: de berekende U-waarde geeft een totaal vertekend beeld van de werkelijkheid.



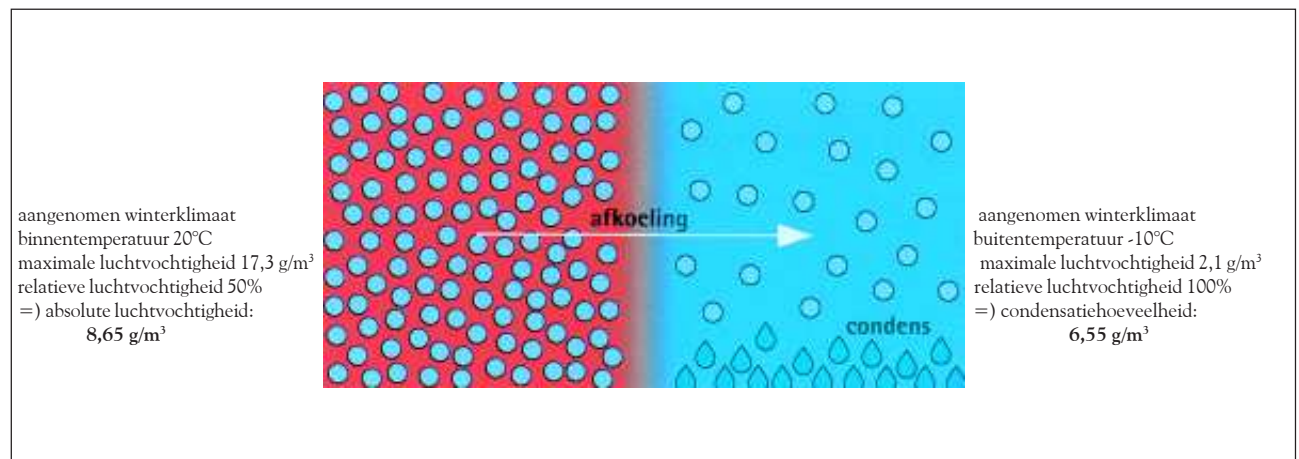
Blijft er bij de plaatsing van isolatiemateriaal per m² telkens een kier van 1 mm breed en 1 m lang, dan stemmen de warmteverliezen eerder overeen met een U-waarde van 1,44 W/m²K dan met de berekende theoretische U-waarde van 0,30W/m²K.

Bij bredere kieren of grotere luchtdrukverschillen nemen de warmteverliezen doorheen deze kieren nog toe. Ondanks de correct berekende U-waarde van de isolatie kunnen vorst en grote windsnelheden tot gevolg hebben dat het gebouw onvoldoende verwarmd wordt.

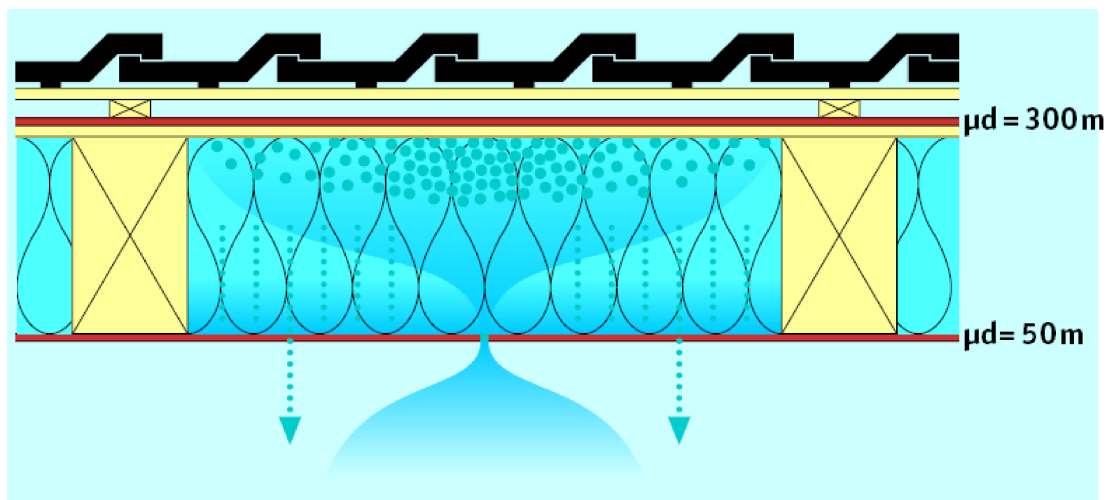
Een kier in een damprem is energietechnisch te vergelijken met een doorlopende spleet tussen een raam en het metselwerk, een situatie waarvan de gevolgen goed waarneembaar (tocht) en onaanvaardbaar zijn.

2.2) Bouwschade

Meer dan 90% van alle bouwschade wordt veroorzaakt door convectie (luchtstroming) tengevolge van lekken: de ontsnappende lucht brengt vocht in de isolatie. Wanneer deze ontsnappende lucht bij het stromen doorheen de isolatie in koudere zones terecht komt en afkoelt, kan hij het meegevoerde vocht, onder de vorm van waterdamp, niet vasthouden en treedt er condensatie op.

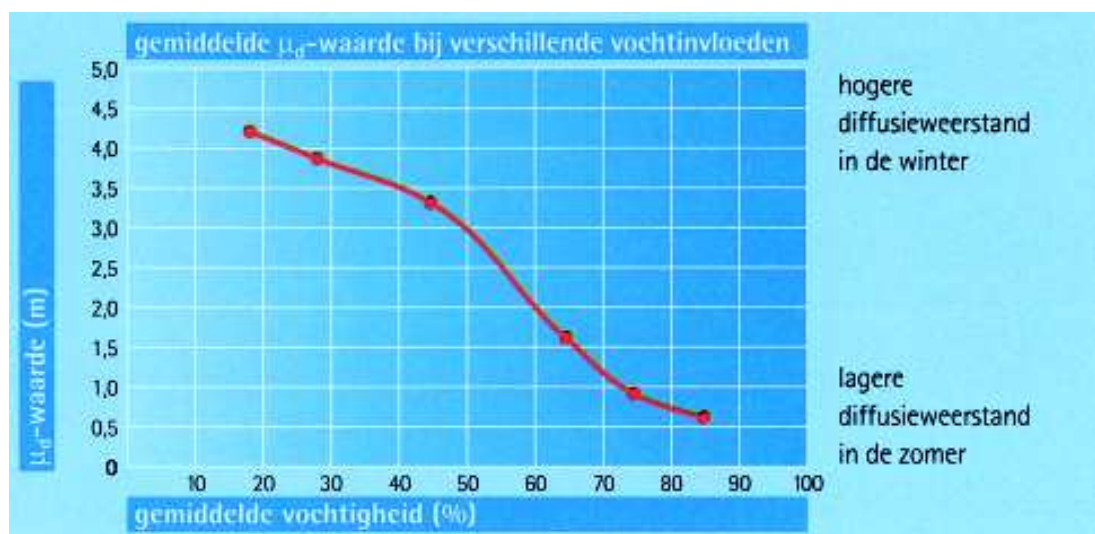


Dit verschijnsel heeft niets te maken met “over-isoleren”, wel met onzorgvuldig isoleren. Mits aanbrengen van een gepaste luchtdichte laag kan schade door convectie vermeden worden op een betrouwbare en duurzame wijze.



Door 1 m² luchtdicht aangebracht damp scherm ($\mu d = 50$ m) kan per dag 0,5 g vocht in de constructie komen door diffusie. Maar doorheen een kier van 1 mm breed en 1 meter lang (zie het voorbeeld onder 1. Hogere warmteverliezen) wordt de constructie belast met 800 g vocht ingevolge convectie. Door toepassing van een diffusieopen damprem ($\mu d = 2,3$ m) i.p.v. een damp scherm neemt weliswaar de vochtdiffusie in de constructie toe tot 5 g per m² en per dag, maar neemt ook de mogelijkheid tot weer uitdrogen enorm toe. Vooral bij een diffusiedichte buitenzijde (bitumineuze dakdichtingen, zinken daken, dampdichte onderdaken, ...) is dit een voordeel. Past men in dergelijke constructies daarentegen een damp scherm toe, dan kan binnengedrongen of ingebouwd vocht (bijvoorbeeld nat constructiehout) noch naar buiten, noch naar binnen uitdrogen : damp schermen stapelen het vocht op.

Reeds enkele jaren wordt in België onder meer in de ecologische bouwsector veelvuldig gebruik gemaakt van een diffusieopen damprem met een vochtgestuurde μd -waarde, die in de winter diffusiedichter en 's zomers meer diffusieopen wordt.



Daardoor wordt het binnendringen van vocht in de constructie gedurende de winter bemoeilijkt en het uitdrogen in de zomer bevorderd. De constructie wordt daardoor beduidend veiliger. 's Winters heeft het dampremmend membraan een μ d-waarde van 3,5 m, 's zomers \pm 0,8 m. Dit biedt de constructie een maximale betrouwbaarheid, ook bij onvoorziene vochtbelastingen.

Een voorbeeld : bij een constructie met diffusiedichte buitenzijde (bijvoorbeeld een plat dak met EPDM als dakbedekking) bedraagt het verschil tussen condensatie- en verdampingshoeveelheden (berekend volgens DIN 4108) bij een damp scherm (μ d = 50 m) in 5 maanden (de volgens de norm relevante periode) slechts 28 g/m².

Bij toepassing van bovenvermeld dampremmend membraan wordt dit zo maar eventjes 1085 g/m², m.a.w. bijna het 40-voudige. Kleine uitvoeringsfoutjes wegen dan minder zwaar.

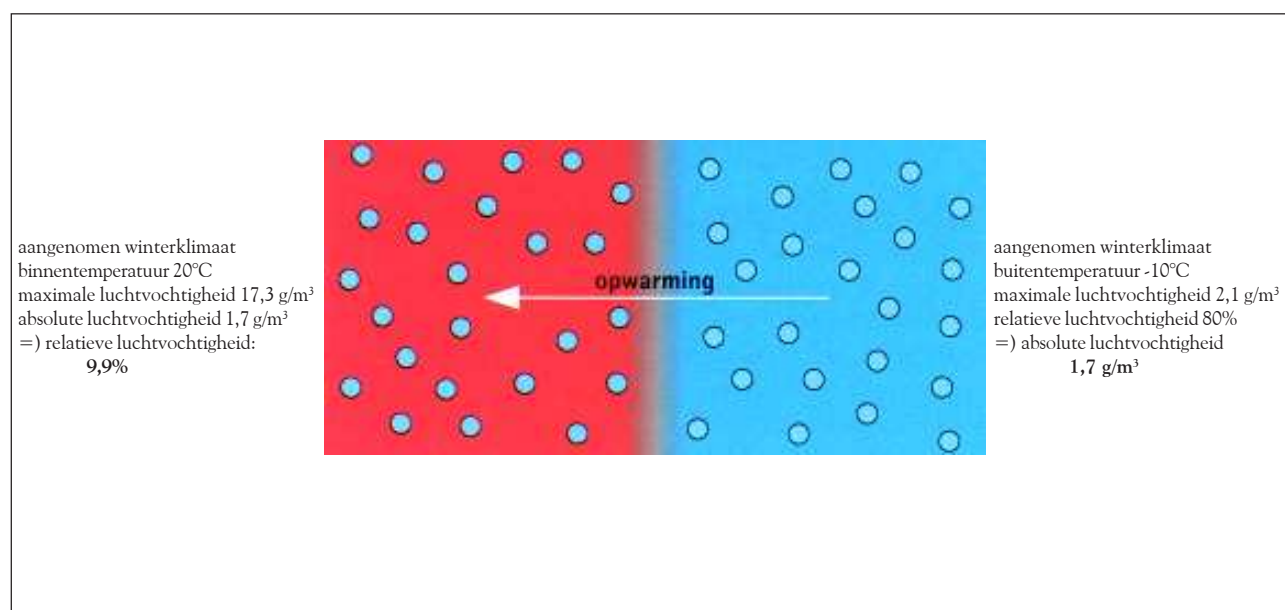
Het aanwenden van een damprem (μ d maximaal 1 m of vochtgestuurd zoals hierboven beschreven) is de derde belangrijke voorwaarde volgens DIN 68 800 met onbehandeld constructie hout te mogen werken.

2.3) Te droge binnenlucht in de winter

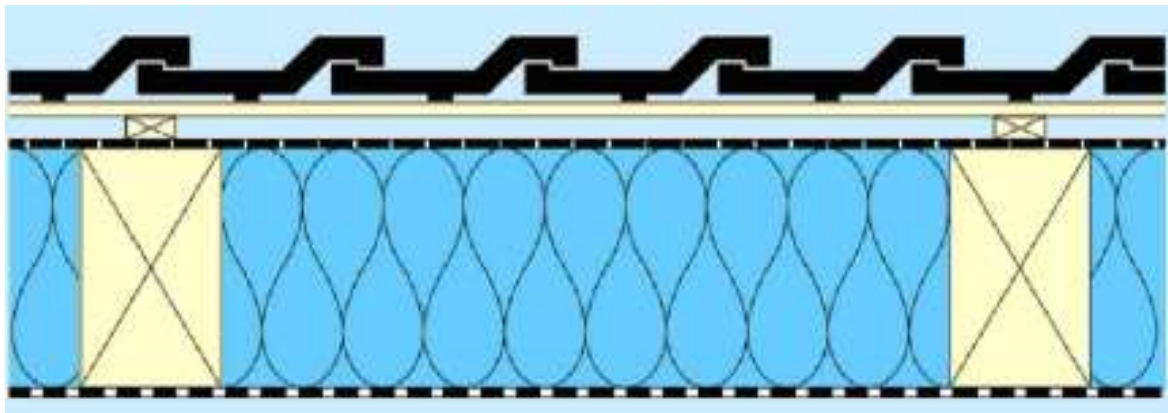
Onvoldoende luchtdichting laat door de isolatie koude buitenlucht in de warme binnenruimte dringen. De binnenlucht wordt daardoor droger.

De verklaring daarvoor is : koude lucht kan, uitgedrukt in absolute hoeveelheden, niet zoveel water opnemen als warme en bevat daardoor minder vocht. Bij opwarmen van die koude lucht ontstaat zeer droge binnenlucht. In huizen met een gebrekkige luchtdichting kampt men daardoor met een te droge binnenlucht. Ook luchtbevochtigers bieden hierbij nauwelijks een oplossing.

Een voorbeeld : een opwarming van lucht van -10°C en een relatieve luchtvochtigheid van 80% (buitenomstandigheden) naar 20°C (binnentemperatuur) verlaagt de relatieve luchtvochtigheid van 80% naar 9,9%.

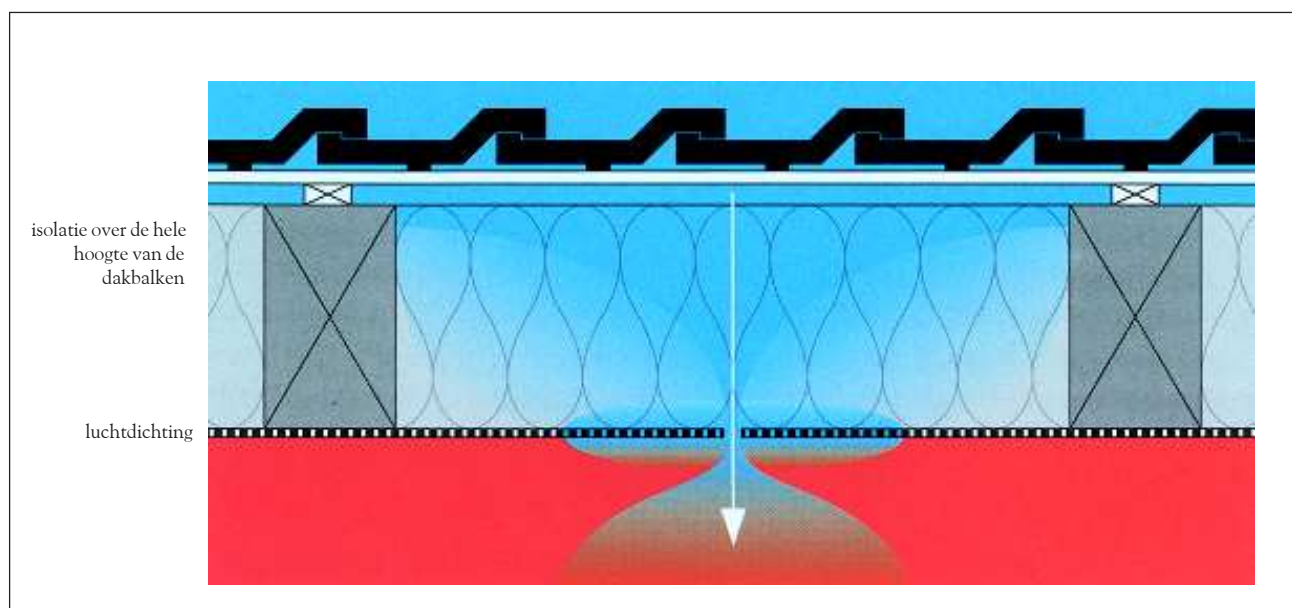


2.4 Hittedoorslag



De bescherming tegen zomerhitte manifesteert zich enerzijds als een faseverschuiving, anderzijds als een amplitudedemping. De faseverschuiving is de tijd die de warmte nodig heeft om van de onderzijde van de dakbedekking door te dringen tot binnen.

De amplitudedemping geeft de verhouding aan tussen de stijging van de binnenoppervlakte-temperatuur tegenover de buitenoppervlakte-temperatuur. Beide grootheden worden berekend op basis van het temperatuurgeleidingsvermogen λ (zie bijgevoegde tabel), de dikte en de volgorde van de toegepaste materialen. Bindende voorwaarde daarbij is dat de warmte porie na porie naar binnen toe moet veroveren, zoals dat ook bij de U-waarde in de winter wordt verondersteld.



Bij gebrekkige luchtdichtheid stroomt de warmte in de isolatie en wordt de effectief functionerende isolatiedikte in belangrijke mate gereduceerd. Gevolg : de gerealiseerde faseverschuiving wordt merklijk korter en de werkelijke amplitudedemping merklijk kleiner dan de berekende. De warmte dringt sneller binnen door en de temperatuurstijging ligt waarneembaar hoger.

3) **Kwaliteitscontrole**

Om te komen tot een hoge isolatiegraad volstaan niet alleen een doordacht ontwerp en de keuze van geschikte materialen, maar staat of valt alles met een goede uitvoering.

Gezien het belang van luchtdichtheid en de hoge kosten verbonden aan verbeteringswerken achteraf of sanering na bouwschade zal in de toekomst frekwenter de luchtdichtheid worden gecontroleerd.

Voor passiefhuizen wordt gestreefd naar een ventilatievoud van maximaal 1 bij een onderdruk van 50 Pa (windkracht ± 5 Beaufort). Woningen in België scoren momenteel gemiddeld boven de 10. Dit verklaart voor een deel waarom het energieverbruik in woningen in Vlaanderen niet sterk gedaald is na de invoering van het isolatiedecreet.

Ook in België kan voor gebrekkige luchtdichting, wanneer het gaat om verborgen gebreken, de aansprakelijkheidstermijn voor de uitvoerder worden verlengd tot 30 jaar.

Wanneer bij de oplevering aan de hand van een proef wordt aangetoond dat de werken correct werden uitgevoerd, geldt slechts de normale aansprakelijkheidstermijn.

Het is dan ook in het belang van alle betrokkenen, opdrachtgever, aannemer en architect, de uitgevoerde luchtdichtingswerken aan een eenvoudige test te onderwerpen. Dit kan door tijdelijk een testventilator in een raam- of deuropening in te bouwen en vervolgens heel het gebouw in een onderdruk van 50 Pa te brengen. Alle lekken kunnen dan worden opgespoord en weggewerkt.

Verklaring van gebruikte symbolen

λ : *lambda-waarde* (uitgedrukt in W/m.K)

warmtegeleidingscoëfficiënt

materiaaleigenschap: geeft aan in welke mate het materiaal de warmte geleidt;

hoe kleiner λ , hoe beter het materiaal isoleert

U-waarde (voorheen *k-waarde*) (uitgedrukt in W/m².K)

warmtetransmissiecoëfficiënt

warmtedoorgangcoëfficiënt

wandeigenschap: geeft aan hoeveel warmte doorheen de wand gaat;

hoe kleiner *U*, hoe beter de wand isoleert

μ : *mu-waarde*

diffusieweerstandsgetal

waterdampdiffusieweerstandsfactor

materiaaleigenschap: geeft aan hoeveel maal minder dan stilstaande lucht een bepaald

materiaal waterdampdiffusie toelaat;

hoe kleiner μ , hoe meer diffusie; voor stilstaande lucht is μ per definitie 1

μd (uitgedrukt in m)

equivalente luchtlaagdikte

equivalente diffusiedikte

eigenschap van (een of meerdere lagen in) een wand; geeft aan met welke luchtlaag een

materiaallaag (bepaald materiaal met een bepaalde dikte) of meerdere lagen samen

overeenkomen wat betreft waterdampdiffusie

hoe kleiner μd , hoe meer diffusie; 1 m stilstaande lucht heeft per definitie een $\mu d = 1$ m

temperatuurgeleidingsvermogen a (uitgedrukt in m²/s)

temperatuursvereffeningscoëfficiënt

thermische diffusiviteit

materiaaleigenschap: de verhouding van de warmtegeleiding tegenover de warmteopslag;

op basis hiervan worden faseverschuiving en amplitudedemping berekend, grootheden die

kenmerkend zijn voor de isolerende werking van een opbouw bij blootstelling aan hoge

temperatuurschommelingen in de zomer;

hoe lager *a*, hoe meer het materiaal geschikt is om grote temperatuurschommelingen tegen te

gaan

soortelijke warmte c (uitgedrukt in J/kg.K)

materiaaleigenschap: geeft aan hoeveel warmte een materiaal per kg kan opslaan

r: *rho* (uitgedrukt in kg/m³)

volumemassa

dichtheid

materiaaleigenschap: geeft aan hoeveel een materiaal weegt per m³

Bibliografie :

Hens H.: *Sterk geïsoleerde bouwsystemen: fysische gevolgen*. K.U.Leuven, november 1999

Janssens A.: *Gejaagd door de wind : in situ gemeten warmteverliezen in muren en daken*. RUG, november 1999

Künzel H. & Groâinsky Th. : *Vollsparrendämmung*. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen, 1990

Moll. L.: *Luchtdichting – de voorwaarde om isolatie te laten isoleren*. Schwetzingen, maart 1998

Moll. L.: *Optimale bescherming van geïsoleerde constructies tegen vocht*. juni 1999

Metingen van het Institut für Bauphysik, Stuttgart, DBZ 12/89, vanaf blad 1639.

